



MODUL ELEKTRONIKA DAN MEKATRONIKA

DASAR HIDROLIK DAN PNEUMATIK

OLEH FERY RUSDIANTO



**SMK
BISA-HEBAT**
SMK TERBAHARU • BERKUALITAS • BERKREATIFITAS

MODUL DASAR HIDROLIK DAN PNEUMATIK

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan
Edisi Tahun 2017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

MODUL DASAR HIDROLIK DAN PNEUMATIK

Copyright © 2017, Direktorat Pembinaan SMK

All rights Reserved

Pengarah

Drs. H. Mustaghfirin Amin, M.BA

Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab

Arie Wibowo Khurniawan, S.Si. M.Ak

Kasubdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim

Arfah Laidiah Razik, S.H., M.A.

Kasi Evaluasi, Subdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Penyusun

Fery Rusdianto

(SMK Negeri 2 Kota Bima)

Desain dan Tata Letak

Rayi Citha Dwisendy, S.Ds

ISBN

978-602-5517-05-1



Penerbit:

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Gedung E, Lantai 13

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Salam Sejahtera,

Melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dunia pendidikan khususnya SMK sangat terbantu karena akan terciptanya sinergi antar instansi dan lembaga terkait sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing dalam usaha mengangkat kualitas SMK. Kehadiran Buku Serial Revitalisasi SMK ini diharapkan dapat memudahkan penyebaran informasi bagaimana tentang Revitalisasi SMK yang baik dan benar kepada seluruh stakeholder sehingga bisa menghasilkan lulusan yang terampil, kreatif, inovatif, tangguh, dan sigap menghadapi tuntutan dunia global yang semakin pesat.

Buku Serial Revitalisasi SMK ini juga diharapkan dapat memberikan pelajaran yang berharga bagi para penyelenggara pendidikan Kejuruan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan untuk mengembangkan pendidikan kejuruan yang semakin relevan dengan kebutuhan masyarakat yang senantiasa berubah dan berkembang sesuai tuntutan dunia usaha dan industri.

Tidak dapat dipungkiri bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam menghasilkan manusia Indonesia yang terampil dan berkeahlian dalam bidang-bidang yang sesuai dengan kebutuhan.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang terus memberikan kontribusi dan dedikasinya untuk meningkatkan kualitas Sekolah Menengah Kejuruan. Buku ini diharapkan dapat menjadi media informasi terkait upaya peningkatan kualitas lulusan dan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) di SMK yang harus dilakukan secara sistematis dan terukur.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 2017

Kasubdit Program Dan Evaluasi
Direktorat Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR PENULIS

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya modul ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Keahlian Teknologi dan Rekayasa, Program Keahlian Otomotif.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*passive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Modul "Dasar Hidrolik dan Pneumatik" ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian Modul untuk Mata Pelajaran "Teknologi Dasar Otomotif" ini disusun dengan tujuan supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan *scientific*), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Penulis menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan modul ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya modul ini.

Stuttgart, April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar Kasubdit Program Dan Evaluasi.....	i
Kata Pengantar Penulis.....	ii
Daftar Isi	iii
Peta Kedudukan Modul	v
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel.....	viii
Glosarium	ix
Bab I Pendahuluan	
A. Standar Kompetensi	1
B. Deskripsi	2
C. Waktu Pembelajaran.....	2
D. Prasyarat	2
E. Petunjuk Penggunaan modul	2
F. Tujuan akhir.....	3
G. Cek penguasaan standar kompetensi	4
Bab II Pembelajaran	
A. Deskripsi.....	5
B. Materi Belajar	
Kegiatan Belajar 1 : Sistem Hidrolik	5
1. Tujuan kegiatan pembelajaran	5
2. Uraian materi	5
3. Rangkuman.....	16
4. Tugas.....	16
5. Tes Formatif.....	17
6. Kunci jawaban tes sumatif	17
Kegiatan Belajar 2 : Komponen Sistem Hidrolik	
1. Tujuan kegiatan pembelajaran	18
2. Uraian materi	18
3. Rangkuman.....	43
4. Tugas.....	44

5. Tes Formatif.....	44
6. Kunci jawaban tes sumatif	44

Kegiatan Belajar 3 : Sistem Pneumatik

1. Tujuan kegiatan pembelajaran	46
2. Uraian materi	46
3. Rangkuman.....	57
4. Tugas.....	58
5. Tes sumatif	58
6. Kunci jawaban tes sumatif	60

Daftar Pustaka.....	64
----------------------------	-----------

PETA KEDUDUKAN MODUL

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
 PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK OTOMOTIF
 PAKET KEAHLIAN : TEKNOLOGI DASAR OTOMOTIF
 KELAS : X (Sepuluh)
 SEMESTER : 2 (Dua)

KELAS	SEMESTER	BAHAN AJAR(MODUL)		
X	1	Teknologi Dasar Otomotif 1	Pekerjaan Dasar Teknik Otomotif 1	Teknik Listrik Dasar Otomotif 1
	2	Teknologi Dasar Otomotif 2	Pekerjaan Dasar Teknik Otomotif 2	Teknik Listrik Dasar Otomotif 2
XI	3	Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan 1	Pemeliharaan Chasis dan Pemindah Tenaga 1	Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan 1
	4	Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan 2	Pemeliharaan Chasis dan Pemindah Tenaga 2	Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan 2
XII	5	Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan 3	Pemeliharaan Chasis dan Pemindah Tenaga 3	Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan 3
	6	Pemeliharaan Mesin Kendaraan Ringan 4	Pemeliharaan Chasis dan Pemindah Tenaga 4	Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan 4

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	: Capillary Viscometer
Gambar 2	: Temperatur diagram
Gambar 3	: Viscosity Pressure Characteristic
Gambar 4	: Skema macam-macam pompa
Gambar 5	: External gear pump
Gambar 6	: Pompa roda gigi dalam tipe crescent
Gambar 7	: Type gear rotor
Gambar 8	: Pompa Vane
Gambar 9	: Vane
Gambar 10	: Pompa torak radial
Gambar 11	: Bent Axis piston pump
Gambar 12	: Gerakan langkah torak
Gambar 13	: Salah satu konstruksi tangki hidrolik
Gambar 14	: Proses penyaringan
Gambar 15	: Semakin besar tekanan semakin berkurang penghasilan
Gambar 16	: Simbul dan posisi kerja katup 2/2
Gambar 17	: Katup 2/2 penggerak
Gambar 18	: Katup 3/2 penggerak tombol
Gambar 19	: Katup 4/2 penggerak tombol
Gambar 20	: Katup 4/2 penggerak tombol
Gambar 21	: Katup 4/3 manual
Gambar 22	: Katup 4/3 penggerak manual
Gambar 23	: a. Lockable non-return valve b. Lockable double non-return valve
Gambar 24	: Katup searah konis
Gambar 25	: a. Restrictor b. Orifice
Gambar 26	: Flow control satu arah
Gambar 27	: Flow control
Gambar 28	: a. Relief valve dengan internally controlled b. Relief valve dengan externally controlled

- Gambar 29 : Jenis-jenis single acting cylinder
- Gambar 30 : Radial piston hydraulic motor
- Gambar 31 : Sliding vane motor
- Gambar 32 : Motor roda gigi dengan gerakan satu arah
- Gambar 33 : Aliran sinyal pneumatic dan elemen control coresponding
- Gambar 34 : Contoh pneumatic elemen kontrol
- Gambar 35 : Komponen system pneumatik
- Gambar 36 : a. Kompresor
b. Kompresor
c. Simbol ISO dari kompresor udara
- Gambar 37 : Silinder kerja tunggal
- Gambar 38 : Silinder kerja ganda
- Gambar 39 : a. Tangki udara
b. Simbol ISO reservoir udara
- Gambar 40 : Tangki udara/penerima udara
- Gambar 41 : a. Pengering udara nyata
b. Pengering udara nyata
c. Simbol ISO udara pengering

DAFTAR TABEL

- Tabel 1 : Daftar viskositas grade ISO
- Tabel 2 : Grading SAE dan konversi ISO-VG
- Tabel 3 : Batas viskositas
- Tabel 4 : Sifat-sifat khusus dan kesesuaian kegunaannya
- Tabel 5 : Jenis-jenis cairan hidrolik tahan api
- Tabel 6 : Perbandingan antara macam-macam cairan hidrolik
- Tabel 7 : Macam-macam bentuk rictrictor dan karakteristiknya
- Tabel 8 : Konstruksi double acting cylinder

GLOSARIUM

Aktuator	: Bagian keluaran untuk mengubah energi suplai menjadi energi kerja yang dimanfaatkan.
Aktuator Linier	: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan linier (lurus).
Aktuator Putar	: Aktuator yang keluarannya berbentuk gerakan putar (berayun).
Distribusi Udara	: Suatu jaringan yang menyalurkan udara dari kompresor menuju ke pemakai.
Katup kontrol arah	: Katup yang berfungsi untuk mengarahkan aliran udara.
Katup satu arah	: Katup yang fungsinya melewatkan udara ke satu arah saja, arah sebaliknya terblokir. Katup kontrol aliran
satu arah	: Katup yang mempengaruhi volume aliran hanya pada satu arah saja.
Kompresor	: Suatu peralatan pneumatik yang berfungsi memampatkan udara.
Kontrol Langsung	: Kontrol yang langsung memberi perintah ke aktuator.
Kontrol tidak langsung	: Kontrol yang memberi perintah ke aktuator tidak secara langsung tetapi melalui katup kontrol arah yang diaktifkan dengan pneumatik.
Pneumatik	: merupakan ilmu pengetahuan dari semua proses mekanik dimana udara memindahkan suatu gaya atau gerakan.
Pengering Udara	: Suatu peralatan yang berfungsi mengeringkan udara dari kompresor yang dibutuhkan oleh sistem.
Pengatur tekanan	: Komponen pneumatik yang berfungsi mengatur udara dengan tekanan tertentu.
Signal overlapping	: Sinyal yang terjadi pada katup kontrol arah pada kedua sisinya secara bersamaan.
Unit pelayanan udara	: Peralatan pneumatik yang terdiri dari filter, pengatur tekanan dan pelumas.
Vakum	: udara yang mempunyai tekanan di bawah atmosfer.

BAB I PENDAHULUAN

A. Standar Kompetensi

Kompetensi Inti

- KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
- KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong-royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia
- KI 3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
- KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar

- 3.14 Memahami diagram sistem hidrolik
- 4.14 Mensimulasikan sistem hidrolik
- 3.15 Menjelaskan komponen sistem hidrolik sesuai gambar kerja dan prosedur kerja
- 4.15 Mengidentifikasi komponen sistem hidrolik
- 3.16 Menjelaskan diagram sistem pneumatik
- 4.16 Mensimulasikan diagram sistem pneumatik
- 3.17 Menjelaskan komponen sistem pneumatik
- 4.17 Mengidentifikasi komponen sistem pneumatik

B. Deskripsi

Modul Dasar hidrolik dan pneumatik ini berisi materi tentang apa arti pneumatik, definisi, aplikasi pneumatik, keuntungan dan kerugian dari penggunaan sistem pneumatik, struktur dan aliran sistem pneumatik, generasi dan distribusi udara serta perangkat pendukung pneumatik. Semua yang dibahas dikemas secara sistematis bagi siswa SMK Program Studi Keahlian Teknik Otomotif.

Harapannya setelah mempelajari bahan ajar ini siswa dapat mengidentifikasi penggunaan umum dari sistem pneumatik, Bagian utama dari sistem pneumatik, Komponen utama dari stasiun kerja pneumatik TP 101, Memahami bagaimana untuk membangun sebuah sirkuit pneumatik, Dapat menjelaskan aliran struktur dan sinyal dari sistem pneumatik.

Di dalam modul ini, setiap selesai kegiatan belajar dilengkapi dengan tes formatif, serta penugasan, dengan tujuan untuk mengukur tingkat kompetensi yang dimiliki siswa.

C. Waktu Pembelajaran

Waktu pembelajaran: 42 Jam Pelajaran

D. Prasyarat

Dari peta kedudukan modul dalam halaman depan modul ini dapat diketahui bahwa bahan ajar ini diperuntukkan bagi kelas X, Program Studi Teknik Otomotif, Semester 2, Sehingga dalam pembelajaran ini tidak diperlukan prasyarat.

E. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Petunjuk penggunaan modul bagi siswa :
 - a. Bacalah modul ini dengan seksama dan pahami setiap topik secara berurutan, karena isi dari modul ini saling keterkaitan antara kegiatan belajar satu dengan yang lainnya.
 - b. Kerjakan Tugas pada modul ini dan laporkan tugas anda kepada guru jika tugas dinyatakan belum baik ulangi kembali sampai dinyatakan baik.
 - c. Kerjakan tes formatif dalam modul ini tanpa melihat kunci jawabannya.
 - d. Setelah selesai cocokkan dengan kunci jawaban. Jika masih terdapat kesalahan ulangi kembali sampai tidak terdapat kesalahan.
 - e. Jangan cepat puas dengan hasil pekerjaan anda, coba lagi sampai

mendapatkan kualitas pekerjaan yang sempurna.

f. Jika ada yang kurang jelas tanyakan pada instruktur/guru pembimbing anda.

2. Alat dan bahan

a. Alat:

- Tool box
- Manometer tekanan hidrolik

b. Bahan:

- Sistem udara bertekanan (kompresor)
- Teaching Aid Hidrolik Dasar
- Dongkrak
- Pompa Hidrolik
- Selang hidrolik (pipa hidrolik)
- Cairan hidrolik
- Katub pengatur hidrolik
- Silinder hidrolik
- Katub pengatur pneumatik
- Silinder pneumatik
- Selang pneumatik

c. Keselamatan kerja

- Gunakan pakaian yang sesuai pada saat bekerja dengan cairan hidrolik.
- Gunakan kacamata pada saat bekerja dengan cairan hidrolik.
- Bersihkan dengan segera cairan hidrolik yang menetes/tumpah di lantai.
- Jangan menggunakan udara yang bertekanan bahan untuk bermain-main dengan temanmu

F. Tujuan Akhir

1. Siswa mampu menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong-royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial serta dapat menempatkan diri sebagai cerminan bangsa.

2. Siswa mampu mengidentifikasi penggunaan sistem pneumatik, komponen utama dan komponen pendukung sistem pneumatik.
3. Siswa mampu membangun sirkuit pneumatik, aliran struktur dan sinyal dari sistem pneumatik.

G. Cek Penguasaan Standar Kompetensi

Sebelum mempelajari modul dasar hidrolik dan pneumatik, isilah dengan cek list kemampuan yang telah dimiliki peserta diklat dengan sikap jujur dan dapat dipertanggung jawabkan :

No	Kompetensi	Jawaban		Bila jawaban "Ya" kerjakan
		Ya	Tidak	
1	Mengetahui pengertian sistem hidrolik.			
2	Mengetahui Komponen-komponen sistem hidrolik.			
3	Dapat menjelaskan fungsi komponen sistem hidrolik.			
4	Memahami Diagram sistem hidrolik.			
5	Mengetahui pengertian sistem pneumatik.			
6	Mengetahui Komponen-komponen sistem pneumatik.			
7	Dapat menjelaskan fungsi komponen sistem pneumatik.			
8	Memahami Diagram sistem pneumatik.			

Catatan :

- Apabila peserta diklat menjawab Tidak, pelajari modul ini!
- Apabila peserta didik telah menguasai standar kompetensi/ kompetensi dasar yang akan dicapai, maka peserta didik dapat mengajukan uji kompetensi kepada penilai.

BAB II PEMBELAJARAN

A. Deskripsi

Sistem hidrolik merupakan suatu bentuk pemindahan daya dengan menggunakan media penghantar berupa fluida cair untuk memperoleh daya yang lebih besar dari daya awal yang dikeluarkan. Dimana fluida penghantar ini dinaikan tekanannya oleh pompa pembangkit tekanan kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Gerakan translasi batang piston dari silinder kerja yang diakibatkan oleh tekanan fluida pada ruang silinder dimanfaatkan untuk gerak maju dan mundur.

Sistem pneumatik salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada aktuator (penggunaan kompresi udara sebagai media untuk melakukan pekerjaan).

B. Materi Belajar

Kegiatan Belajar 1 : Sistem Hidrolik

Amati peralatan hidrolik yang ada dibengkel sekolah, kemudian diskusikan nama alat, fungsi dan cara kerjanya.

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini siswa diharapkan dapat :

- Mengetahui, memahami cairan pada peralatan hidrolik dan sistem-sistem hidrolik.
- Dapat melakukan perawatan berkenaan dengan cairannya.

2. Uraian Materi

a. Sistem Hidrolik

Hidrolik berasal dari bahasa 'Greek', terdiri dari kata '*hydro*' yang berarti air dan '*aulos*' yang berarti pipa. Sehingga *hydraulic* dapat diartikan sebagai sistem yang menerapkan pipa dengan cairan.

Namun pada masa sekarang ini sistem hidrolik kebanyakan tidak hanya menggunakan air tetapi air bercampuran (*water emulsion*) atau oli saja.

Fungsi/tugas cairan hidrolik adalah:

- Penerus tekanan atau penerus daya.
- Pelumas untuk bagian-bagian yang bergerak

- Pendingin
- Sebagai bantalan dari terjadinya hentakan tekanan pada akhir langkah.
- Pencegah korosi
- Penghanyut bram/chip yaitu partikel-partikel kecil yang mengelupas dari komponen.
- Sebagai pengirim isyarat (signal)

Viskositas (kekentalan) cairan

Yang dimaksud dengan viskositas ialah berapa besarnya tahanan di dalam cairan itu untuk mengalir. Apabila cairan itu mudah mengalir dia dikatakan bahwa viskositasnya rendah, dan kondisinya encer. Jadi semakin kental kondisi cairan dikatakan viskositasnya semakin tinggi.

Satuan viskositas

Untuk mengukur besar viskositas diperlukan satuan ukuran. Dalam sistem standar internasional satuan viskositas ditetapkan sebagai **viskositas kinematik (kinematic viscosity)** dengan: satuan ukuran mm^2/s atau cm^2/s . VK dalam satuan $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 100 \text{ mm}^2/\text{s}$.

cm^2/s juga diberi nama Stokes (St) berasal dari nama Sir Gabriel Stokes (1819-1903). mm^2/s disebut centi-Stoke (cSt). Jadi $1 \text{ St} = 100 \text{ cSt}$.

Disamping satuan tersebut di atas terdapat satuan yang lain yang juga digunakan dalam sistem hidrolik yaitu :

Redwood 1; satuan viskositas diukur dalam sekon dengan simbol (R1). Saybolt Universal; satuan viskositas juga diukur dalam sekon dan dengan simbol (SU). Engler; satuan viskositas diukur dengan derajat engler ($^{\circ}\text{E}$) untuk cairan hidrolik dengan viskositas tinggi dapat digunakan faktor berikut:

$$R1 = 4,10 \text{ VK}$$

$$SU = 4,635 \text{ VK}$$

$$E = 0,132 \text{ VK.}$$

$$\text{VK} = \text{Viskositas Kenematik}$$

Dalam standar ISO viskositas cairan hidrolik diklasifikasikan menjadi beberapa *Viscosity Grade*.

Tabel 1. Daftar viskositas grade ISO

The ISO viscosity classification uses centiStoke (cSt) units and relates to the viscosity at 40°C. It consists of a series of 18 viscosity brackets between 1.98 cSt and 1650.0 cSt each of which is defined by a number. The numbers indicate, to the nearest whole number, the mid-points of their corresponding viscosity brackets.			
ISO Viscosity Grade	Mid-Point Viscosity cSt at 40.0°C	Kinematic Viscosity Limits cSt at 40.0°C	
		Min.	Max.
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11.00
ISO VG 15	15	13.50	16.50
ISO VG 22	22	19.80	24.20
ISO VG 32	32	28.80	35.20
ISO VG 46	46	41.40	50.60
ISO VG 68	68	61.20	74.80
ISO VG 100	100	90.00	110.00
ISO VG 150	150	135.00	165.00
ISO VG 220	220	198.00	242.00
ISO VG 320	320	288.00	352.00
ISO VG 460	460	414.00	506.00
ISO VG 680	680	612.00	748.00
ISO VG 1000	1000	900.00	1100.00
ISO VG 1500	1500	1350.00	1650.00

A few SHELL grades do not conform to the standard ISO classifications. For example the numbers 37, 78 and 800 are SHELL 'ISO type' numbers that have been allocated to meet certain important viscosity requirements that are not met by standard ISO numbers.

Jadi yang digunakan untuk pemberian nomor VG adalah angka pembulatan dari pertengahan diantara viskositas min. dan viskositas max. Misal : ISO VG 22, angka 22 diambil dari rata-rata antara 19,80 dan 24.20. Karena oli untuk pelumas gear box juga sering digunakan untuk instalasi hidrolik maka grade menurut SAE juga dibahas di sini. Berikut ini adalah grading berdasarkan SAE dan konversinya dengan ISO-VG. Dijelaskan juga di sini aplikasi penggunaan oli hidrolik sesuai dengan nomor gradenya.

Tabel 2. Grading berdasarkan SAE dan konversinya dengan ISO-VG

SAE classes	ISO-VG	Areas of application
		stationary installations in closed areas at high temperatures
30		
	100	
20.20 W		
	68	
10 W	46	
5 W	32	
	22	for open air applications - mobile hydraulics
		in colder areas
	(15)	
	10	

Viscosity margins.

Maksud dari *viscosity margins* adalah batas-batas atas dan bawah yang perlu diketahui. Karena untuk viskositas yang terlalu rendah akan mengakibatkan daya pelumas kecil, daya perapat kecil sehingga mudah bocor. Sedangkan apabila viskositas terlalu tinggi juga akan meningkatkan gesekan dalam cairan sehingga memerlukan tekanan yang lebih tinggi.

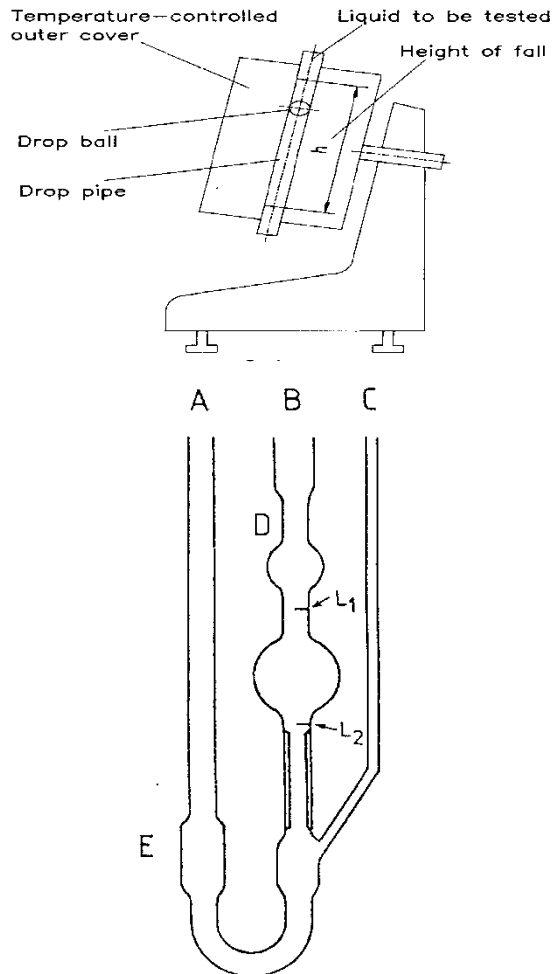
Tabel 3. Batas viskositas yang ideal

	Kinematic viscosity
Lower limit	$10 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Ideal viscosity range	$15 \text{ to } 100 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
Upper limit	$750 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$

Viscometer adalah alat untuk mengukur besar viskositas suatu cairan. Ada beberapa macam viscometer antara lain :

- **Ball Viscometer atau Falling sphere viscometer.**

Besar viskositas kinematik adalah kecepatan bola jatuh setinggi h dibagi dengan berat jenis cairan yang sedang diukur. (lihat gambar 1)



Gambar 1. Capillary viscometer

- **Capillary viscometer**

Cara pengukurannya adalah sebagai berikut: (lihat gambar 1)

Cairan hidrolik yang akan diukur dituangkan melalui lubang A hingga ke kontainer E yang suhunya diatur. Melalui kapiler C zat cair dihisap hingga naik pada labu D sampai garis L_1 , kemudian semua lubang ditutup. Untuk mengukurnya, buka bersama-sama lubang A, B dan C dan hitung waktu yang digunakan oleh cairan

untuk turun sampai ke L_2 . Waktu tersebut menunjukkan viskositas cairan. Makin kental cairan hidrolik akan makin lama untuk turun dan berarti viskositas makin besar. Kesetaraan antara keempat sistem satuan.

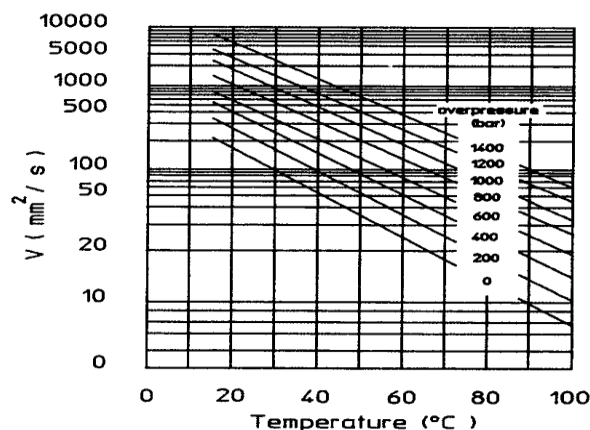
Indeks Viskositas (Viscosity Index)

Yang dimaksud dengan indeks viskositas atau *viscosity index* (VI) ialah angka yang menunjukkan rentang perubahan viskositas dari suatu cairan hidrolik berhubungan dengan perubahan suhu. Dengan demikian *viscosity index* ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan karakteristik kekentalan cairan hidrolik berhubungan dengan perubahan temperatur. Mengenai viskositas indeks ini ditetapkan dalam DIN ISO 2909.

Cairan hidrolik dikatakan memiliki viskositas indeks tinggi apabila terjadinya perubahan viskositas kecil (stabil) dalam rentang perubahan suhu yang relatif besar. Atau dapat dikatakan bahwa cairan hidrolik ini dapat digunakan dalam rentang perubahan suhu yang cukup besar.

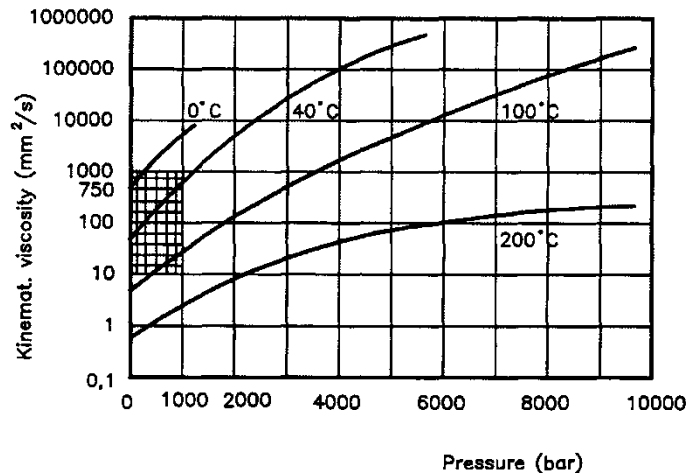
Cairan hidrolik terutama oli hidrolik diharapkan memiliki *viscosity index* (VI) = 100. Bahkan kebanyakan oli hidrolik diberi tambahan bahan (*additives*) yang disebut "*VI improvers*" untuk meningkatkan VI menjadi lebih tinggi dari 100. Oli hidrolik dengan indeks viskositas tinggi juga disebut **multigrade oils**.

Untuk mengetahui perubahan viskositas ini perhatikan Ubbelohde's viscosity –temperature diagram berikut ini (gambar 3).



Gambar 2. Ubbelohde's viscosity –temperature diagram Viscosity-pressure characteristics.

Hal ini juga penting diketahui karena dengan meningkatnya tekanan, meningkat pula *viscosity index*. Gambar 3 berikut ini menunjukkan diagram *viscosity pressure characteristic*.



Gambar 3. *Viscosity Pressure Characteristic*

Karakteristik Cairan hidrolik yang dikehendaki.

Cairan hidrolik harus memiliki karakteristik tertentu agar dapat memenuhi persyaratan dalam menjalankan fungsinya. Karakteristik atau sifat-sifat yang diperlukan antara lain adalah :

- **Indeks Viskositas yang baik.**

Dengan *viscosity index* yang baik maka kekentalan cairan hidrolik akan stabil digunakan pada sistem dengan perubahan suhu kerja yang cukup fluktuatif.

Cairan hidrolik harus memiliki kekentalan yang cukup agar dapat memenuhi fungsinya sebagai pelumas. Apabila viskositas terlalu rendah maka film oli yang terbentuk akan sangat tipis sehingga tidak mampu untuk menahan gesekan.

- **Tahan api (tidak mudah terbakar)**

Sistem hidrolik sering juga beroperasi di tempat-tempat yang cenderung timbul api atau berdekatan dengan api. Oleh karena itu perlu cairan yang tahan api.

- **Tidak berbusa (*Foaming*)**

Bila cairan hidrolik banyak berbusa akan berakibat banyak gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam cairan hidrolik sehingga akan terjadi compressable dan akan mengurangi daya transfer. Disamping itu, dengan adanya busa tadi kemungkinan terjilat api akan lebih besar.

- **Tahan dingin**

Yang dimaksud dengan tahan dingin adalah bahwa cairan hidrolik tidak mudah membeku bila beroperasi pada suhu dingin. Titik beku atau titik cair yang kehendaki oleh cairan hidrolik berkisar antara 10 – 15 °C di bawah suhu permulaan mesin dioperasikan (*start-up*). Hal ini untuk mengantisipasi terjadinya block (penyumbatan) oleh cairan hidrolik yang membeku.

- **Tahan korosi dan tahan aus.**

Cairan hidrolik harus mampu mencegah terjadinya korosi karena dengan tidak terjadi korosi maka konstruksi akan tidak mudah aus dengan kata lain mesin akan awet.

- ***De mulsibility (Water separable)***

Yang dimaksud dengan *de-mulsibility* adalah kemampuan cairan hidrolik untuk memisahkan air dari cairan hidrolik. Mengapa air harus dipisahkan dari cairan hidrolik, karena air akan mengakibatkan terjadinya korosi bila berhubungan dengan logam.

- **Minimal compressibility**

Secara teoritis cairan adalah *uncompressible* (tidak dapat dikompres). Tetapi kenyataannya cairan hidrolik dapat dikompres sampai dengan 0,5 % volume untuk setiap penekanan 80 bar. Oleh karena itu dipersyaratkan bahwa cairan hidrolik agar relatif tidak dapat dikompres atau walaupun dapat dikompres kemungkinannya sangat kecil.

b. Macam-macam cairan Hidrolik

Pada dasarnya setiap cairan dapat digunakan sebagai media transfer daya. Tetapi dalam sistem hidrolik memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu seperti telah dibahas sebelumnya berhubung dengan konstruksi dan cara kerja sistem.

Secara garis besar cairan hidrolik dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Oli hidrolik (*Hydraulic oils*)

Oli hidrolik yang berbasis pada minyak mineral biasanya digunakan secara luas pada mesin-mesin perkakas atau juga mesin-mesin industri.

Menurut standar DIN 51524 dan 512525 dan sesuai dengan karakteristik serta komposisinya oli hidrolik dibagi menjadi tiga (3) kelas :

- *Hydraulic oil* HL
- *Hydraulic oil* HLP
- *Hydraulic oil* HV

Pemberian kode dengan huruf seperti di atas artinya adalah sebagai berikut :

Misalnya oli hidrolik dengan kode : HLP 68 artinya :

H = Oli hidrolik

L = kode untuk bahan tambahan oli (additive) guna meningkatkan pencegahan korosi dan/atau peningkatan umur oli

P = Kode untuk additive yang meningkatkan kemampuan menerima beban.

68 = tingkatan viskositas oli (lihat tabel pada HO 4)

Tabel 4. Sifat-sifat khusus dan kesesuaian penggunaannya

Kode	Sifat khusus	Penggunaan
HL	Meningkatkan kemampuan mencegah korosi dan kestabilan oli hidrolik.	Digunakan pada sistem hidrolik yang bekerja pada suhu tinggi dan untuk tempat yang mungkin tercelup air

HLP	Meningkatkan ketahanan terhadap aus.	Seperti pada pemakaian HL, juga digunakan untuk sistem yang gesekannya tinggi
HV	Meningkatkan indeks viskositas (VI)	Seperti pemakaian HLP, juga digunakan secara luas untuk sistem yang fluktuasi perubahan temperaturnya cukup tinggi.

1) Cairan Hidrolik tahan Api (*Low flammability*)

Yang dimaksud dengan cairan hidrolik tahan api ialah cairan hidrolik yang tidak mudah atau tidak dapat terbakar.

Cairan hidrolik semacam ini digunakan oleh sistem hidrolik pada tempat-tempat atau mesin-mesin yang resiko kebakarannya cukup tinggi seperti :

- Die casting machines
- Forging presses
- Hard coal mining
- Control units untuk power station turbines
- Steel works dan rolling mills.

Pada dasarnya cairan hidrolik tahan api ini dibuat dari campuran oli dengan air atau dari oli sintetis.

Tabel 5. Jenis-jenis cairan hidrolik tahan api

Kode	No: pada lembar standar VDMA	Komposisi	Persentase (%) kandungan air
HFA	24 320	Oil-water emulsions	80 - 98
HFB	24 317	Water-oil emulsions	40
HFC	24 317	Hydrous solutions, e.g : Water glycol	35 - 55
HFD	24 317	Anhydrous liquid, e.g : Phosphate ether	0 - 0,1

Tabel 6. Perbandingan antara macam-macam cairan hidrolik

	Type of Fluid				
	Petrol Oil	Water Glycol	Phosph. Ester	Oil in Water	Oil Synthetic
Fire resistance	P	E	G	F	F
Viscosity temp. properties	G	E	F	G	F-G
Seal compatibility	G	E	F	G	F
Lubricating quality	E	F-G	E	F-G	E
Temp. range (°C) above ideal	65	50	65	50	65
Relative cost comp. to oil	1	4	8	1.5	4

Key: E = Excellent, G = Good, F = Fair, P = Poor

2) Pemeliharaan Cairan Hidrolik.

Cairan hidrolik termasuk barang mahal. Perlakuan yang kurang atau bahkan tidak baik terhadap cairan hidrolik akan semakin menambah mahalannya harga sistem hidrolik. Sedangkan apabila kita mentaati aturan-aturan tentang perlakuan/pemeliharaan cairan hidrolik maka kerusakan cairan maupun kerusakan komponen sistem akan terhindar dan cairan hidrolik maupun sistem akan lebih awet.

Panduan pemeliharaan cairan hidrolik

- Simpanlah cairan hidrolik (drum) pada tempat yang kering, dingin dan terlindung (dari hujan, panas dan angin).
- Pastikan menggunakan cairan hidrolik yang benar-benar bersih untuk menambah atau mengganti cairan hidrolik ke dalam sistem. Gunakan juga peralatan yang bersih untuk memasukkannya.
- Pompakanlah cairan hidrolik dari drum ke tangki hidrolik melalui saringan (*pre-filter*).
- Pantau (monitor) dan periksalah secara berkala dan berkesinambungan kondisi cairan hidrolik.
- Aturlah sedemikian rupa bahwa hanya titik pengisi tangki yang rapat yang digunakan untuk pengisian cairan hidrolik.
- Buatlah interval penggantian cairan hidrolik sedemikian rupa sehingga oksidasi dan kerusakan cairan dapat terhindar. (Periksa dengan pemasok cairan hidrolik)

- Cegah jangan sampai terjadi kontaminasi, gunakan filter udara dan filter oli yang baik.
- Cegah terjadinya panas/pemanasan yang berlebihan, bila perlu pasang pendingin (*cooling*) atau bila terjadi, periksalah penyebab terjadinya gangguan, atau pasang *un-loading pump* atau *excessive resistance*.
- Perbaikilah dengan segera bila terjadi kebocoran dan tugaskan seorang *maintenance* yang terlatih.
- Bila akan mengganti cairan hidrolik (apa lagi bila cairan hidrolik yang berbeda), pastikan bahwa komponen dan seal-sealnya cocok dengan cairan yang baru. Demikian pula seluruh sistem harus dibilas (*flushed*) secara baik dan benar-benar bersih.

Jadi pemantauan atau monitoring cairan hidrolik perlu memperhatikan panduan tersebut di atas disamping harus memperhatikan lingkungan kerja maupun lingkungan penyimpanan cairan hidrolik.

3. Rangkuman

- Hidrolik dapat diartikan sebagai sistem yang menerapkan pipa dengan cairan.
- Fungsi atau tugas cairan hidrolik adalah penerus tekanan atau penerus daya, Pelumas untuk bagian-bagian yang bergerak, pendingin, sebagai bantalan dari terjadinya hentakan tekanan pada akhir langkah, pencegah korosi, penghanyut bram/chip yaitu partikel-partikel kecil yang mengelupas dari komponen, Sebagai pengirim isyarat (*signal*).
- Viskositas ialah berapa besarnya tahanan di dalam cairan itu untuk mengalir.
- Viscometer adalah alat untuk mengukur besar viskositas suatu cairan.
- Indeks viskositas atau *viscosity index* (VI) ialah angka yang menunjukkan rentang perubahan viskositas dari suatu cairan hidrolik berhubungan dengan perubahan suhu.
- Secara garis besar cairan hidrolik dikelompokkan menjadi dua yaitu : Oli hidrolik (*Hydraulic oils*) dan Cairan Hidrolik tahan Api (*Low flammability*).

4. Tugas

- Buatlah rangkuman tentang cairan sistem hidrolik!

- Mengidentifikasi peralatan hidrolik/sistem hidrolik yang ada dibengkel dan media cairannya.

No	Nama alat / sistem	Cairan yang digunakan

5. Tes Formatif

- 1) Sebutkan pengertian hidrolik.
- 2) Sebutkan alat pengukuran viskositas yang kamu ketahui.
- 3) Sebutkan besaran dan satuan dari viskositas cairan hidrolik, dan buat persamaannya.
- 4) Apakah kepanjangan SAE dan ISO

6. Kunci Jawaban

1. Pengertian hidrolik dari istilah berasal dari bahasa *Greek*. Terdiri dari kata "*hydro*" dan "*aulos*". *Hydro* = cairan ; *aulos* = pipa.
Sehingga hidrolik dapat diartikan sebagai sistem yang menerapkan pipa dengan cairan.
2. Alat pengukuran viskositas:
 - a. Viscometer atau *Falling sphere viscometer*
 - b. *Capillary viscometer*
3. Besaran dan satuan dari viskositas cairan hidrolik
 - a. VK (viskositas kinematik) satuannya $1 \text{ cm}^2/\text{s}$ atau 1 St (stoke) = $100 \text{ mm}^2/\text{s}$. Atau 100 cSt (centi-Stokes)
 - b. Redwood 1 (R1) dalam satuan second
 - c. Saybolt Universal (SU) dalam satuan second
 - d. Engler dalam satuan derajat engler ($^{\circ}\text{E}$)

Persamaan dari besaran tersebut adalah:

$\text{R1} = 4,10 \text{ VK}$

$\text{SU} = 4,635 \text{ VK}$

$$E = 0,132 \text{ VK}$$

4. SAE kepanjangannya *Society of Automotive Engineers*

ISO kepanjangannya *International Standard Organisation*

Kegiatan Pembelajaran 2: Komponen-komponen sistem hidrolik

Amati sistem hidrolik yang ada di kendaraan atau bengkel kerja, kemudian diskusikan nama bagian dan fungsinya.

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini siswa diharapkan dapat mengenal, memahami bagian sistem hidrolik pada sistem atau peralatan, cara kerja dan fungsinya.

2. Uraian Materi

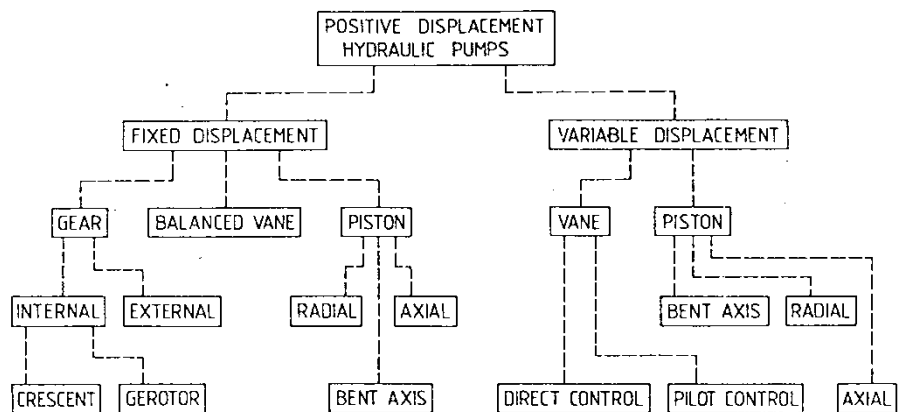
Bagian-bagian utama sistem hidrolik dapat digolongkan menjadi :

Pompa

Secara garis besar pompa hidrolik ada dua macam yaitu :

- *Fixed displacement Pumps.*
- *Variable displacement Pumps.*

Sedangkan macam-macamnya dapat kita lihat pada skema berikut ini



Gambar 4. Skema macam-macam pompa

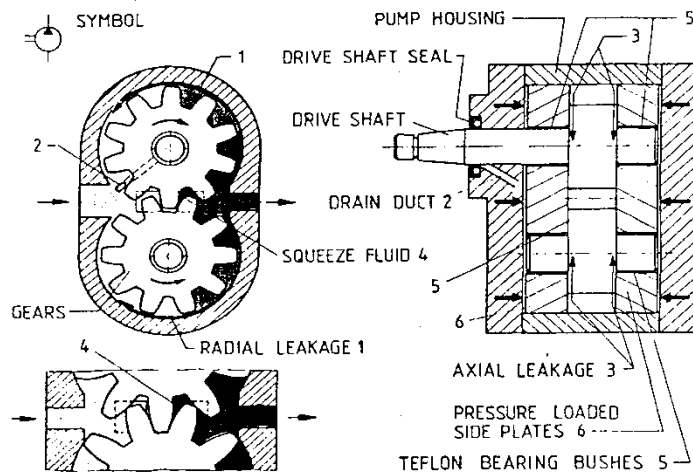
Pada modul Hidrolik ini akan dibahas macam-macam *fixed displacement pumps*.

a. Pompa Roda gigi (*External Gear Pump*)

Pompa roda gigi luar terdiri atas bagian utama yaitu :

- Rumah pompa
- Sepasang roda gigi luar yang bertautan secara presisi di dalam rumah pompa tersebut.
- Penggerak mula (*prime mover*) yang porosnya dikopel dengan poros driver gear.

Dari perputaran sepasang roda gigi terjadilah daya hisap (tanda kotak) kemudian cairan (oli) ditangkap di antara celah gigi dan rumah pompa dan diteruskan ke saluran tekan (outlet). Gambar 5 berikut menunjukkan *external gear pump*.



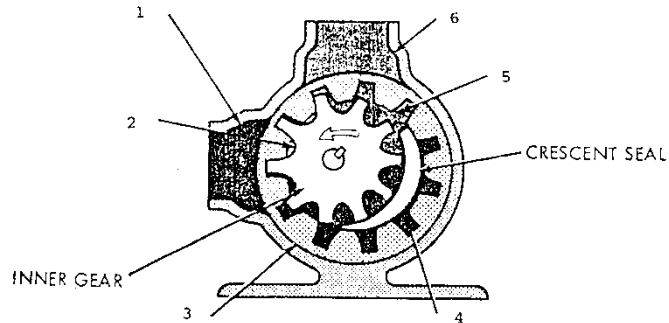
Gambar 5. External gear pump

Dapat kita lihat bahwa tekanan yang cukup besar terjadi pada sisi saluran tekan yang juga akan berakibat menekan pada poros roda gigi dan bearingnya. Hal ini akan menjadikan gesekan mekanik pada bearing pun semakin besar. Juga akan terjadi tekanan lebih seal (perapat) pada poros. Untuk mengatasi hal ini maka dibuatlah drain duct (saluran pencerat) untuk mengurangi tekanan lebih.

b. Pompa roda gigi dalam tipe CRESCENT.

Pompa ini cocok untuk tekanan tinggi dan untuk cairan hidrolik yang bervariasi. Ukurannya lebih kecil dari *external gear pump* pada penghasilan pompa yang sama dan tingkat kebisingannya lebih kecil.

Seperti *external gear pump*, pompa ini juga termasuk *pressure unbalanced*. Cara kerja pompa ini dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini :



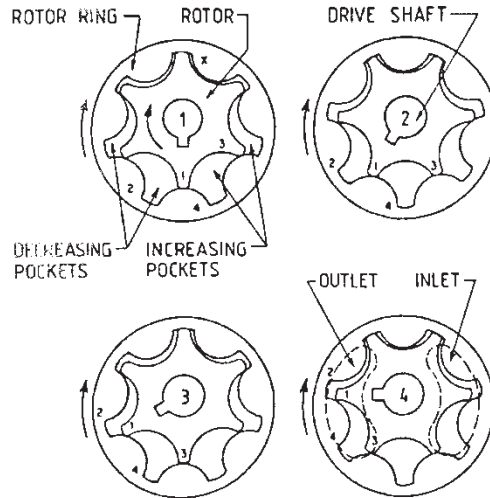
Gambar 6. Pompa roda gigi dalam tipe CRESCENT

Keterangan gambar:

1. Saluran oli masuk (inlet)
2. Oli masuk oleh sedotan roda gigi yang berputar.
3. Penyedotan terjadi karena adanya rongga antara gigi iner dan outer ring gear
4. Terjadinya penyedotan di ruang No: 4 ini.
5. Di titik No 5 ini oli didesak/ditekan oleh pasangan gigi.
6. Saluran tekan (outlet)

c. Pompa roda gigi dalam type gear-rotor

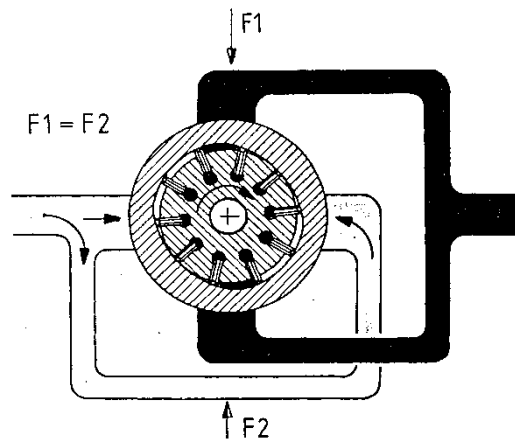
Pompa ini terdiri atas *inner rotor* yang dipasak dengan poros penggerak dan rotor ring atau *outer rotor* yang merupakan roda gigi dalam diputar oleh inner rotor yang mempunyai jumlah gigi satu lebih kecil dari jumlah gigi outer ring gear. Ini bertujuan untuk membentuk rongga pemompaan. *Inner rotor* dan *outer rotor* berputar searah.



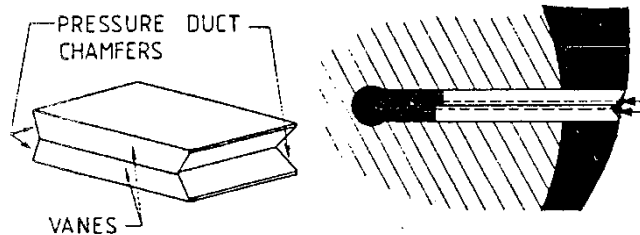
Gambar 7. Type gear-rotor

d. **Balanced Vane (Pompa Kipas *balanced*)**

Pompa ini menggunakan rumah pompa yang bagian dalamnya berbentuk elips dan terdapat dua buah lubang pemasukan (inlet) serta dua buah lubang pengeluaran outlet yang posisinya saling berlawanan arah. Dibuat demikian agar tekanan radial dari cairan hidrolik saling meniadakan sehingga terjadilah keseimbangan (*balanced*) Vane (kipas) yang bentuknya seperti gambar 8b dipasang pada poros beralur (*slots*) dan karena adanya gaya sentrifugal selama rotor berputar maka vane selalu merapat pada rumah pompa sehingga terjadilah proses pemompaan.



Gambar 8. Pompa Vane

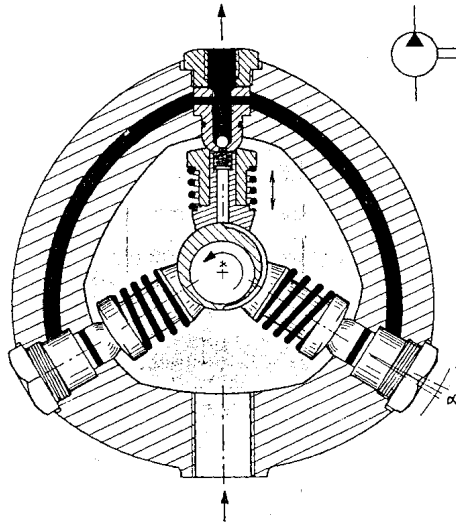


Gambar 9. Vane

e. **Pompa Torak Radial (*Radial Piston Pump*)**

Pompa piston ini gerakan pemompaannya radial yaitu tegak lurus poros. Piston digerakkan oleh sebuah poros engkol (*eccentric crankshaft*) sehingga besar langkah piston adalah sebesar jari-jari poros engkol. Penghisapan terjadi pada waktu piston terbuka sehingga oli hidrolik dari *crankshaft* masuk ke dalam silinder. Pada langkah pemompaan cairan ditekan dari setiap silinder melalui *check valve* ke saluran tekan.

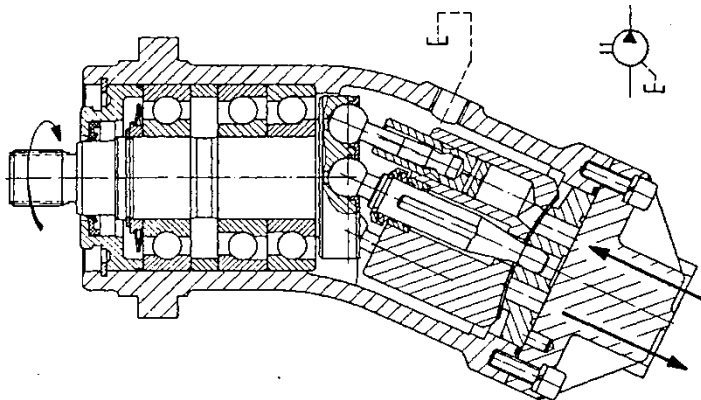
Pompa ini dapat mencapai tekanan hingga 63 MPa.



Gambar 10. Pompa Torak Radial

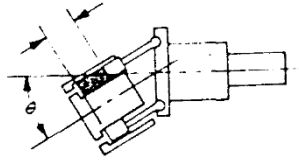
f. ***Bent axis piston pump*** (Pompa torak dengan poros tekuk)

Pada pompa ini blok silinder berputar pada suatu sudut untuk dapat memutar poros. Batang torak dipasang pada flens poros penggerak dengan menggunakan ball joint. Besar langkah piston tergantung pada besar sudut tekuk. Untuk *fixed displacement piston pump* besar sudut (*offset angle*) berkisar 25 °C.

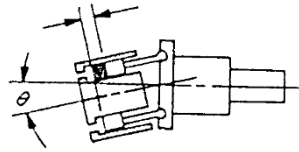


Gambar 11. *Bent axis piston pump*

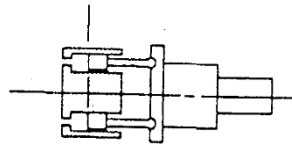
Gerakan langkah torak dapat kita lihat pada gambar 10b.



Langkah maksimum – sudut maksimum



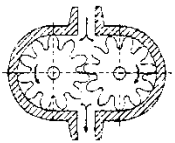
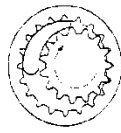
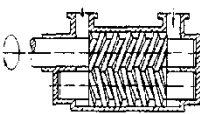
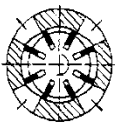
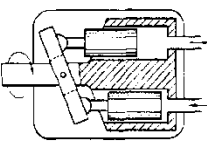
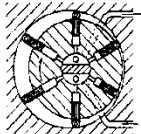
Pengurangan Langkah -- sudut berkurang



Tanpa Langkah – lurus

Gambar 12. Gerakan langkah torak *Bent axis piston pump*

Pemilihan pompa hidrolik dapat dengan melihat karakteristik dari macam-macam pompa. Karakter ini dapat dilihat pada tabel perbandingan karakteristik bermacam-macam pompa hidrolik.

	Types of design	Speed range $\frac{1}{\text{min}}$	Dis- placement volume (cm ³)	Nominal pressure (bar)	Total efficiency
	Gear pump, externally toothed	500 - 3500	1.2 - 250	63 - 160	0.8 - 0.91
	Gear pump, internally toothed	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0.8 - 0.91
	Screw pump	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0.7 - 0.84
	Rotary vane pump	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0.8 - 0.93
	Axial piston pump - 3000	100	200	0.82 - 0.92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 250	0.82 - 0.92
		750 - 3000	25 - 800	160 - 320	0.8 - 0.92
	Radial piston pump	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0.90

Instalasi pompa hidrolik

Kopling

Kopling adalah komponen penyambung yang menghubungkan penggerak mula (motor listrik) dengan pompa hidrolik. Kopling ini mentransfer momen puntir dari motor ke pompa hidrolik. Juga kopling ini merupakan bantalan di antara motor dan pompa yang akan mencegah terjadinya hentakan/getaran selama motor mentransfer daya ke pompa dan selama pompa mengalami hentakan tekanan yang juga akan sampai ke motor. Kopling juga menyeimbangkan dan

mentolerir adanya error alignment (ketidak sentrisan yaitu antara sumbu poros motor dengan sumbu poros pompa tidak segaris).

Contoh-contoh bahan kopling

Untuk memenuhi persyaratan tersebut di atas maka pada umumnya kopling dibuat dari bahan :

- Karet (*Rubber couplings*)
- Roda gigi payung (*Spiral bevel gear couplings*)
- Clutch dengan perapat plastik (*Square tooth clutch with plastic inserts*)

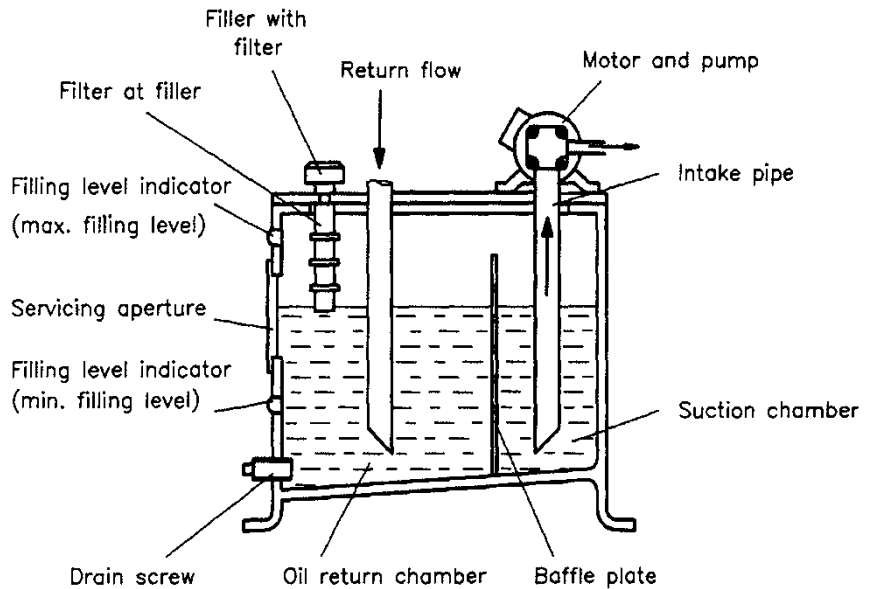
Tangki hidrolik (*Reservoir*)

Tangki hidrolik (*Reservoir*) merupakan bagian dari instalasi unit tenaga yang konstruksinya ada bermacam-macam, ada yang berbentuk silindris dan ada pula yang berbentuk kotak.

Fungsi/tugas tangki hidrolik

- Sebagai tempat atau tandon cairan hidrolik.
- Tempat pemisahan air, udara dan partikel-partikel padat yang hanyut dalam cairan hidrolik.
- Menghilangkan panas dengan menyebarkan panas ke seluruh badan tangki.
- Tempat memasang komponen unit tenaga seperti pompa, penggerak mula, katup-katup, akumulator dan lain-lain.

Ukuran tangki hidrolik berkisar antara 3 s/d 5 kali penghasilan pompa dalam liter/menit dan ruang udara di atas permukaan cairan maksimum berkisar antara 10% s/d 15 %.



Gambar 13. Salah satu konstruksi tangki hidrolik

Baffle Plate

Baffle Plate berfungsi sebagai pemisah antara cairan hidrolik yang baru datang dari sirkulasi dan cairan hidrolik yang akan dihisap oleh pompa. Juga berfungsi untuk memutar cairan yang baru datang sehingga memiliki kesempatan lebih lama untuk menyebarkan panas, untuk mengendapkan kotoran dan juga untuk memisahkan udara serta air sebelum dihisap kembali ke pompa.

Filter (Saringan)

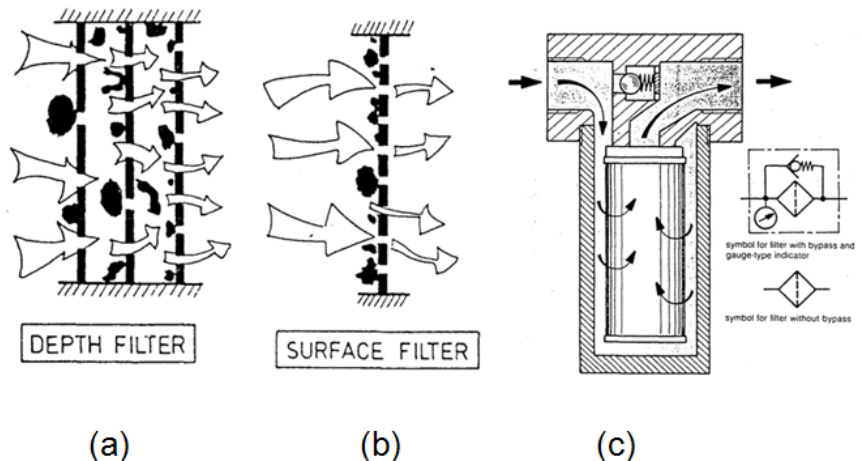
Filter berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran atau kontaminan yang berasal dari komponen sistem hidrolik seperti bagian-bagian kecil yang mengelupas, kontaminasi akibat oksidasi dan sebagainya.

Sesuai dengan tempat pemasangannya, filter dibedakan menjadi :

- *Suction filter*, dipasang pada saluran hisap dan kemungkinannya di dalam tangki.
- *Pressure line filter*, dipasang pada saluran tekan dan berfungsi untuk mengamankan komponen-komponen yang dianggap penting.

- *Return line filter*, dipasang pada saluran balik untuk menyaring agar kotoran jangan masuk ke dalam tangki.

Kebanyakan sistem hidrolik selalu memasang *suction filter*. Gambar 14a, 14b dan 14c menunjukkan proses penyaringan.



Gambar 14. proses penyaringan

Pengetesan Efisiensi Pompa hidrolik.

Yang dimaksud dengan efisiensi ialah perbandingan antara output dan input dan dinyatakan dalam persen (%).

Terjadinya perbedaan antara output dan input dikarenakan adanya kerugian-kerugian diantaranya terjadinya kebocoran di dalam pompa sehingga akan mengurangi volume output. Secara keseluruhan, kebocoran dapat terjadi pada pompa hidrolik, katup-katup, aktuator dan pada setiap konektor. Sehingga dalam hal ini perbandingan antara volume cairan hidrolik yang secara efisien menghasilkan daya di banding dengan penghasilan pompa teoritis disebut efisiensi volumetrik (η_v).

Penghasilan pompa (misal: pompa roda gigi) secara teoritis dapat dihitung dengan rumus :

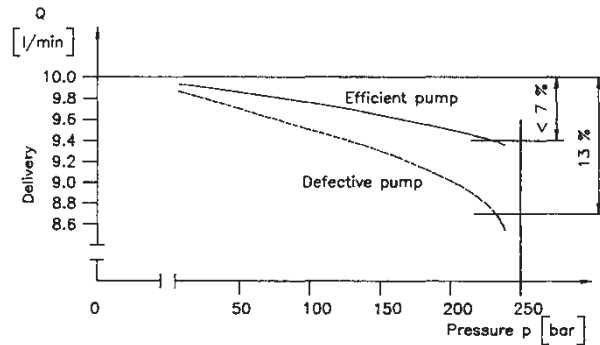
$$Q = n \cdot V$$

Q = penghasilan pompa teoritis (l/min.)

n = putaran pompa (r.p.m)

V = volume cairan yang dipindahkan tiap putaran (cm^3)

Penghasilan pompa tergantung pada besar tekanan kerja sistem hidrolik. Semakin besar tekanan, penghasilan pompa (Q) akan semakin berkurang. Karakteristik pompa semacam ini dapat kita lihat pada gambar 13.



Gambar 15. Semakin besar tekanan semakin berkurang penghasilan

Apabila $p = 0$, penghasilan pompa Q penuh (Q teoritis)

Apabila $p > 0$, penghasilan pompa berkurang karena adanya kebocoran dan secara logika semakin tinggi tekanan akan semakin besar pula kebocoran.

Garis lengkung pada diagram menunjukkan efisiensi volumetrik pompa (η_v)

Contoh :

Untuk pompa yang baru, kebocoran 6 % pada $p = 230$ bar.

$$Q_{(p=0)} = 10 \text{ l/min.}$$

$$Q_{(p=230)} = 9,4 \text{ l/min.}$$

$$Q_L = 0,6 \text{ l/min.}$$

$$\text{Jadi efisiensi volumetrik } (\eta_v) = 94 \%$$

Untuk pompa yang lama, kebocoran mencapai 13 % pada $p = 230$ bar

$$Q_{(p=0)} = 10 \text{ l/min.}$$

$$Q_{(p=230)} = 8,7 \text{ l/min.}$$

$$Q_L = 1,3 \text{ l/min.}$$

$$\text{Jadi efisiensi volumetrik } (\eta_v) = 87 \%$$

Unit Pengatur (Valve)

Cara-cara pengaturan/pengendalian di dalam sistem hidrolik susunan urutannya dapat kita jelaskan sebagai berikut :

- Isyarat (*Signal*) masukan atau input element mendapat energi langsung dari pembangkit aliran fluida (pompa hidrolik) yang kemudian diteruskan ke pemroses sinyal.
- Isyarat pemroses atau processing element yang memproses sinyal masukan secara *logic* untuk diteruskan ke *final control element*.
- Sinyal pengendali akhir (*Final control element*), akan mengarahkan output yaitu arah gerakan aktuator (*Working element*) dan ini merupakan hasil akhir dari sistem hidrolik.

Komponen-komponen kontrol tersebut di atas biasa disebut **katup-katup (Valves)**. Menurut **konstruksinya** katup-katup tersebut dikelompokkan sebagai berikut :

a. Katup Poppet (Poppet Valves)

Yaitu apabila untuk menutup katup tersebut dengan cara menekan anak katup (bola atau cones atau piringan) pada kedudukan .

Menurut jenis anak katupnya, katup poppet digolongkan menjadi :

- Katup bola (*Ball seat valves*)
- Katup cones (*Cone poppet valves*)
- Katup Piringan (*Disc seat valves*)

b. Katup Geser (Slide valves)

- *Longitudinal Slide*
- *Plate Slide (Rotary slide valve)*

Menurut **fungsinya** katup-katup dikelompokkan sebagai berikut :

- 1). Katup pengarah (*Directional control valves*)
- 2). Katup satu arah (*Non return valves*)
- 3). Katup pengatur tekanan (*Pressure control valves*)
- 4). Katup pengontrol aliran (*Flow control valves*)
- 5). Katup buka-tutup (*Shut-off valves*)

1). Katup Pengarah (Directional Control Valves)

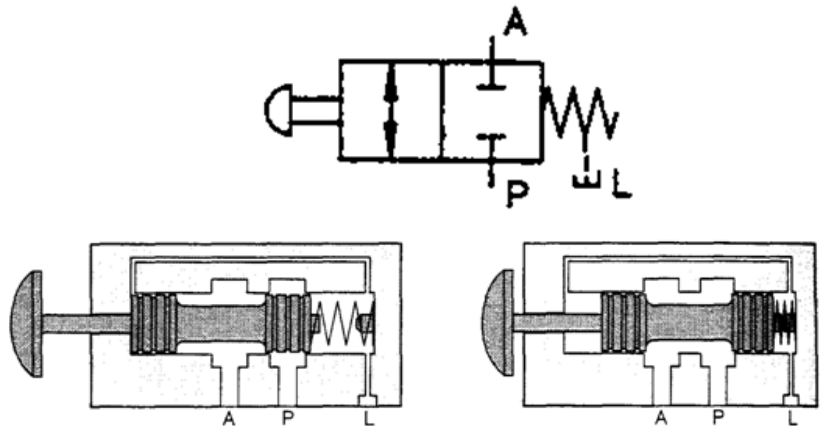
Katup ini berfungsi untuk mengatur atau mengendalikan arah cairan hidrolik yang akan bekerja menggerakkan aktuator. Dengan kata lain, katup ini berfungsi untuk mengendalikan arah gerakan aktuator .

Katup pengarah diberi nama berdasarkan :

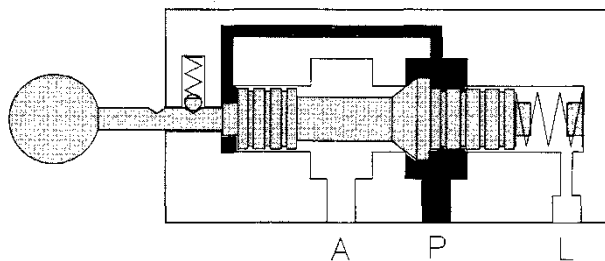
- Jumlah lubang / saluran kerja (port)

- Jumlah posisi kerja
- Jenis penggerak katup
- Nama tambahan lain sesuai dengan karakteristik katup.

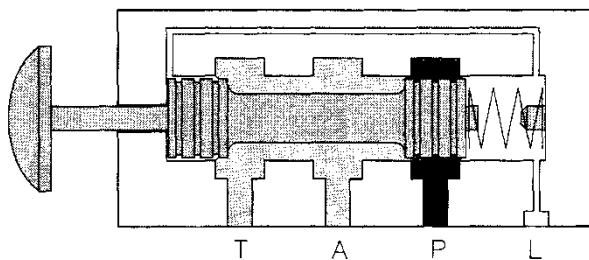
Berikut ini contoh-contoh katup pengarah dan namanya :



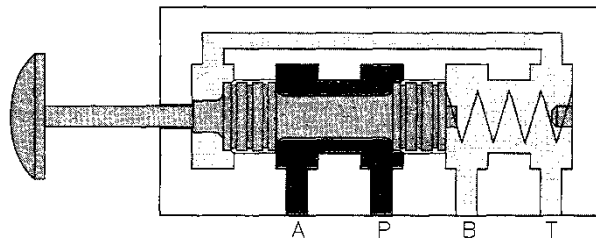
Gambar 16. Simbul dan posis kerja katup 2 / 2, sliding valve, penggerak tombol, pembalik pegas, posisi normal menutup, termasuk jenis katup geser



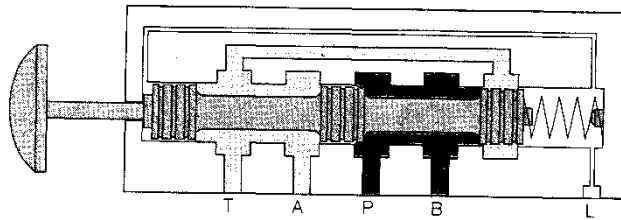
Gambar 17. katup 2 / 2, penggerak manual, dengan pengunci , pembalik pegas dan katup ini termasuk jenis popet cones.



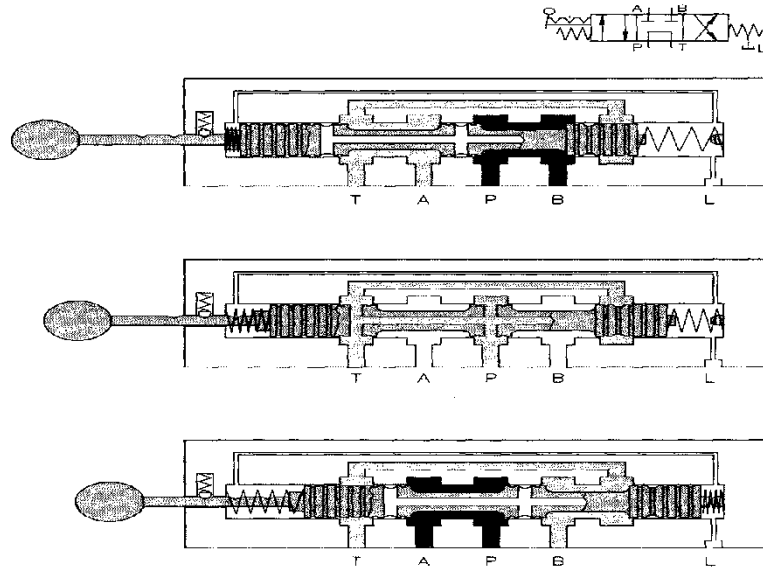
Gambar 18. Katup 3/2 penggerak tombol, pembalik pegas normal menutup.



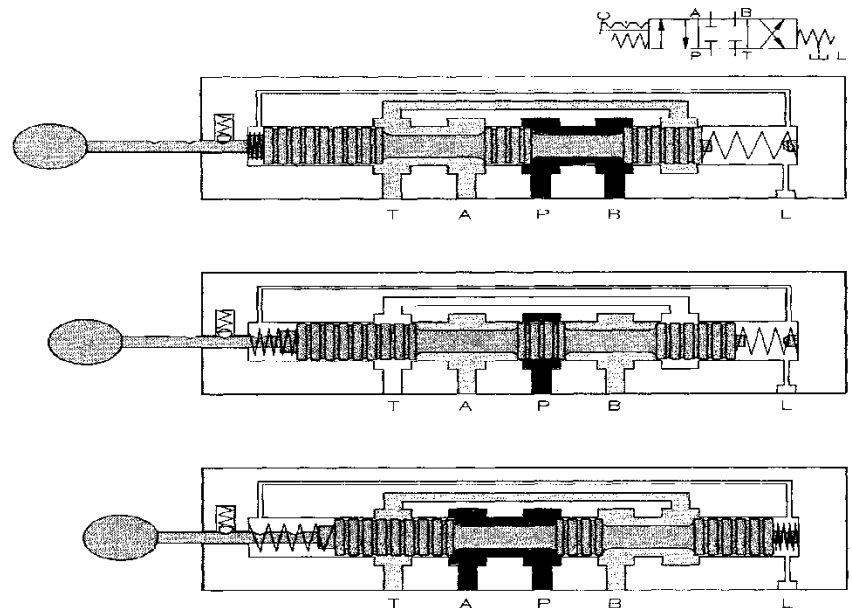
Gambar 19. Katup 4/2 penggerak tombol, pembalik pegas (4/2 DCV *push-button actuated, spring centered*), termasuk jenis katup geser (*sliding valves*).



Gambar 20. Katup 4/2 penggerak tombol, pembalik pegas (4/2 DCV *push button actuated, spring centered*) termasuk jenis katup geser dengan tiga piston pengatur.



Gambar 21. Katup 4/3 *Manually*, menggunakan pengunci (*detent*), pemalik pegas, dengan *by-pass* ke pompa (*re-circulating*)

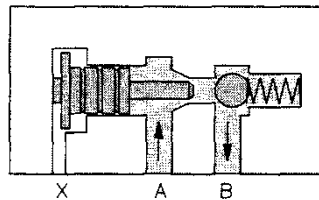


Gambar 22. Katup 4/3, penggerak manual, dengan pengunci, pemalik pegas dan normal menutup

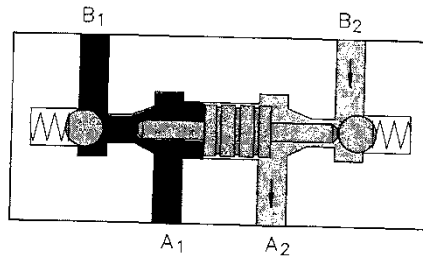
2). Katub satu arah (*Non Return Valves*)

Katup ini berfungsi untuk mengatur aliran fluida hanya satu arah saja yaitu bila fluida telah melewati katup tersebut maka fluida tidak dapat berbalik arah.

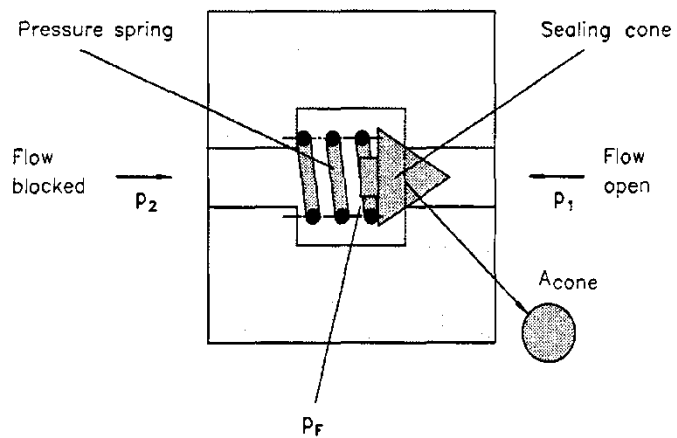
Macam-macam katup searah:



Gambar 23a. Lockable non-return valve



Gambar 23b. Lockable double non-return valve



Gambar 24. Katup searah konis (*check valve*)

Cairan hidrolik dengan tekanan p_1 akan mengangkat popet cones sehingga cairan dapat mengalir .

Agar tekanan p_1 dapat mengangkat popet maka $p_1 > p_2 + p_F$

3). Katup pengatur aliran (*Flow Control Valve*)

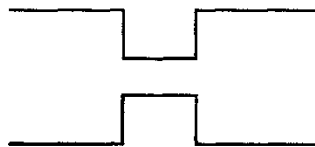
Katup ini berfungsi untuk mengontrol/mengendalikan besar kecilnya aliran cairan hidrolik. Hal ini diasumsikan bahwa besarnya aliran yaitu jumlah volume cairan hidrolik yang mengalir akan mempengaruhi kecepatan gerak aktuator.

Macam-macam *flow control* :

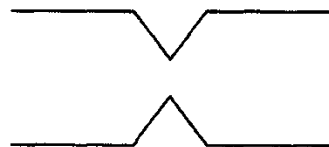
- Fix flow control* yaitu besarnya lubang laluan tetap (tidak dapat disetel)
- Adjustable flow control* yaitu lubang laluan dapat disetel dengan baut penyetel .
- Adjustable flow control* dengan *check valve by pass*.

Konstruksi pokok dari *flow control* ada dua macam yaitu :

- *Restrictor* (Gambar 25a).
- *Orifice* (Gambar 25b)

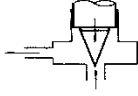

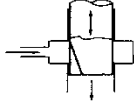
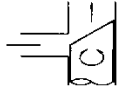
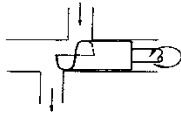


Gambar 25a



Gambar 25b

Tabel 7. Macam-macam bentuk restrictor dan karakteristiknya.

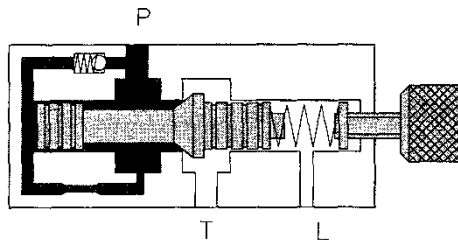
Type	Resistance	Dependence on viscosity	Ease of adjustment	Design
<p>Needle restrictor</p> 	Increase in velocity, high friction owing to long throttling path	Considerable owing to high friction	Excessive cross-sectional enlargement with a short adjustment travel, unfavourable ratio area to control surface	Economical, simple design
<p>Circumferential restrictor</p> 	As above	As above, but lower than for the needle restrictor	Steadier cross-sectional enlargement, even ratio area to control surface, total adjustment travel only 90°	Economical, simple design, more complicated than the needle restrictor
<p>Longitudinal restrictor</p> 	As above	As above	As above, however sensitive adjustment owing to long adjustment travel	As for circumferential restrictor
<p>Gap restrictor</p> 	Majority: increase in velocity, low friction, short throttling path	Low	Unfavourable, even cross-sectional enlargement, adjustment travel of 180°	Economical
<p>Gap restrictor with helix</p> 	Increase in velocity, maximum friction	Independent	Sensitive, even cross-sectional enlargement, adjustment travel of 360°	Expensive to produce helix

4). Katup Pengatur Tekanan

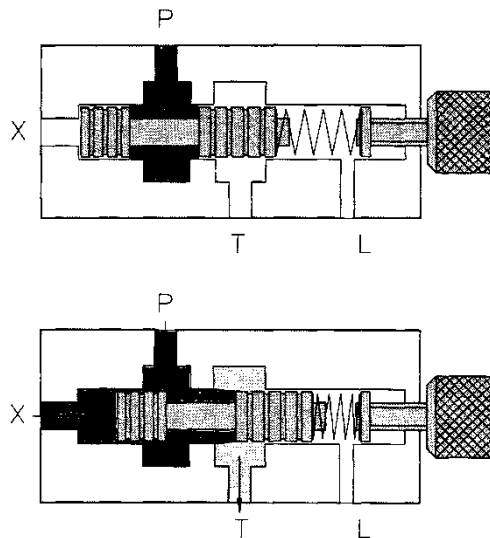
Ada beberapa macam antara lain :

a. Pressure Relief Valve

Katup ini berfungsi untuk membatasi tekanan kerja maksimum pada sistem (pengaman). Apabila terjadi tekanan lebih maka katup outlet akan terbuka dan tekanan fluida lebih dibuang ke tangki. Jadi tekanan fluida yang mengalir ke sistem tetap aman. Katup ini juga dapat berfungsi sebagai sequence valve yaitu apabila dia dihubungkan dengan aktuator lain. Bila saluran pada aktuator pertama telah mencapai tekanan penuh maka katup akan membuka saluran ke aktuator kedua.



Gambar 28a. Relief valve dengan internally controlled



Gambar 28b. Relief valve dengan externally controlled dari saluran X

b. Pressure Regulator

Pressure regulator berfungsi untuk mengurangi tekanan input atau tekanan kerja menjadi tekanan tertentu. Hal ini digunakan apabila dalam satu sistem terdapat perbedaan kebutuhan tekanan bagi setiap aktuatornya. Sering juga ini disebut sebagai *reducing valve*.

Aktuator (Unit penggerak)

Unit ini berfungsi untuk menghasilkan gerak atau usaha yang merupakan hasil akhir atau out put dari sistem hidrolik .

Macam-macam aktuator :

1. *Linear motion actuator* (Penggerak lurus)

- *Single acting cylinder* (Silinder kerja tunggal)
- *Double acting cylinder* (Silinder kerja ganda)

2. *Rotary motion actuator* (Penggerak putar)

- *Hydraulic Motor* (Motor Hidrolik)
- *Limited Rotary actuator*

Pemilihan jenis aktuator tentu saja disesuaikan dengan fungsi, beban dan tujuan penggunaan sistem hidrolik tersebut.

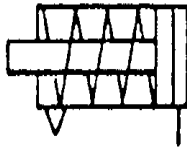
Single Acting Cylinder

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan ke posisi semula biasanya digunakan pegas atau kembali karena beratnya sendiri atau beban. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Salah satu contoh single acting cylinder telah kita lihat dan kita bahas pada modul “Dasar-dasar sistem Tenaga Fluida”.

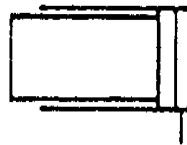
Ada beberapa jenis silinder kerja tunggal :



Single acting,
load returns
the piston



Single acting
spring returns
the piston



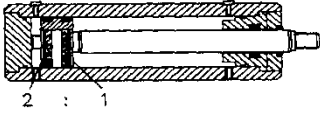
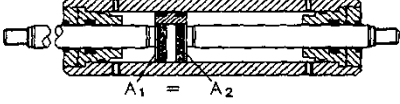
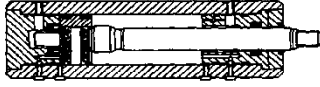
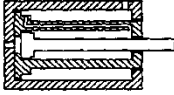
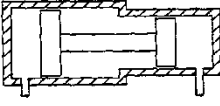

Single acting
ram, load returns
the ram

Gambar 29. Jenis-jenis *single acting cylinder*

Double Acting Cylinder (Silinder Kerja Ganda)

Silinder ini mendapat suplai aliran liquid dari dua sisi. Konstruksinya hampir sama dengan silinder kerja tunggal. Keuntungannya adalah bahwa silinder ini dapat memberikan tenaga pada kedua belah sisinya. Silinder kerja ganda ada yang memiliki batang torak (*piston rod*) pada satu sisi dan ada pula yang pada kedua sisi. Konstruksi mana yang akan dipilih tentu saja harus disesuaikan dengan kebutuhan.

Tabel 8. Konstruksi *Double Acting Cylinder* dan kebutuhannya

Differential cylinder	Area ratio 2:1 (piston surface: annular piston surface) piston return stroke twice as fast as advance stroke	
Syn-chronous cylinder	Pressurised area of equal size. Advance and return speeds identical	
Cylinder with end-position cushioning	To moderate the speed in the case of large masses and prevent a hard impact	
Telescopic cylinder	Longer strokes	
Pressure intensifier	Increases pressure	
Tandem cylinder	When large forces are required and only small cylinder dimensions are possible.	

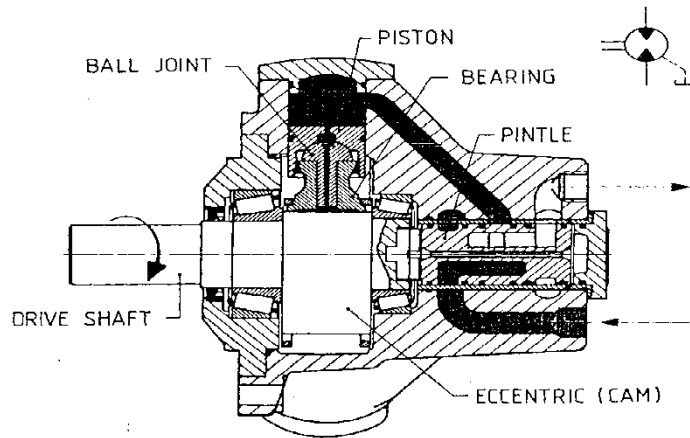
Hydraulic Motor (Motor Hidrolik)

Motor hidrolik mengubah energi fluida (aliran liquid) menjadi gerakan putar mekanik yang kontinyu. Motor hidrolik ini telah cukup berkembang dan penggunaannya telah cukup meluas.

Macam-macam motor hidrolik adalah sebagai berikut :

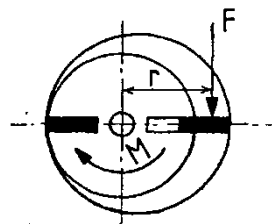
- *Piston Hydraulic Motor*
- *Sliding Vane Motor*
- *Gear Motor*

Berikut ini adalah contoh-contoh motor hidrolik :



Gambar 30. Radial piston hydraulic motor

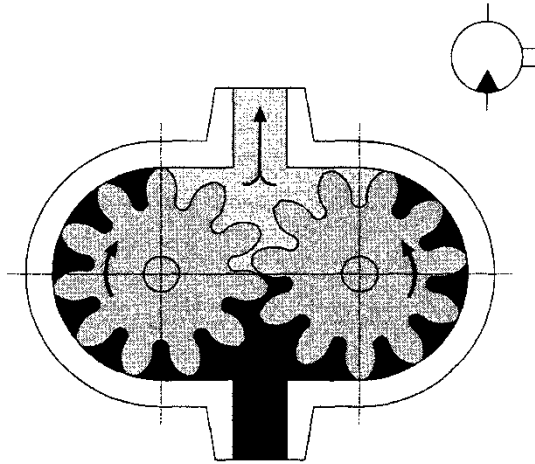
Cairan hidrolik masuk mendorong piston, kemudian piston berputar memutar poros engkol dan poros engkol memutar poros (*drive shaft*). Dapat berputar bolak-balik.



VANE MOTOR

Gambar 31. Sliding Vane Motor

Cairan hidrolik masuk mendorong vane (kipas) yang dapat keluar-masuk alur karena gaya sentrifugal dan selalu merapat pada dinding motor. Dengan vane yang berputar ini maka poros ikut berputar sehingga timbulah putaran motor.



Gambar 32. Motor roda gigi dengan gerakan satu arah putaran saja.

3. Rangkuman

- Secara garis besar pompa hidrolik ada dua macam yaitu : *Fixed displacement Pumps* dan *Variable displacement Pumps*.
- Kopling adalah komponen penyambung yang menghubungkan penggerak mula (motor listrik) dengan pompa hidrolik.
- Tangki hidrolik (*Reservoir*) merupakan bagian dari instalasi unit tenaga yang konstruksinya ada bermacam-macam, ada yang berbentuk silindris dan ada pula yang berbentuk kotak.
- *Baffle Plate* berfungsi sebagai pemisah antara cairan hidrolik yang baru datang dari sirkulasi dan cairan hidrolik yang akan dihisap oleh pompa.
- Filter berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran atau kontaminan yang berasal dari komponen sistem hidrolik
- Yang dimaksud dengan efisiensi ialah perbandingan antara output dan input dan dinyatakan dalam persen (%).
- Cara-cara pengaturan/pengendalian di dalam sistem hidrolik susunan urutannya sebagai berikut : Isyarat (Signal) masukan, Isyarat pemroses, Sinyal pengendali akhir (*Final control element*).
- Aktuator (Unit penggerak) Unit ini berfungsi untuk menghasilkan gerak atau usaha yang merupakan hasil akhir atau out put dari sistem hidrolik .

4. Tugas

- Buatlah rangkuman tentang komponen-komponen hidrolik.
- Mengidentifikasi sistem hidrolik pada kendaraan yang ada di bengkel sekolah, mencatat fungsinya dan memeriksa kondisinya.

No	Nama alat dan fungsinya	Kondisi

5. Tes Formatif

1. Sebutkan komponen-komponen utama sistem hidrolik dan fungsinya.
2. Sebutkan macam-macam *fixed displacement pump*
3. Sebutkan macam-macam unit pengatur/*valve control*
4. Sebutkan macam-macam aktuator
5. Apakah fungsi tanki hidrolik

6. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Komponen-komponen utama sistem hidrolik adalah:
 - Pompa sebagai penghasil aliran dan tekanan
 - Unit pengatur sebagai pengatur arah aliran cairan
 - Aktuator sebagai penerima aliran dan tekanan sehingga bergerak sesuai kerja unit pengatur yang dioperasikan oleh operator.
2. Macam-macam *fixed displacement pump*
 - *Gear (internal/external gear pump)*
 - *Balance vane*
 - *Piston (Radial/axial/bent axis)*

3. Sebutkan macam-macam unit pengatur/*valve control*

Katup Poppet (*Poppet Valves*)

- Katup bola (*Ball seat valves*)
- Katup cones (*Cone popet valves*)
- Katup piringan (*Disc seat valves*)

Katup Geser (*Slide valves*)

- *Longitudinal Slide*
- *Plate Slide (Rotary slide valve)*

4. Sebutkan macam-macam aktuator

Linear motion actuator (Penggerak lurus)

- *Single acting cylinder* (Silinder kerja tunggal)
- *Double acting cylinder* (Silinder kerja ganda)

Rotary motion actuator (Penggerak putar)

- *Hydraulic Motor* (Motor Hidrolik)
- *Limited Rotary actuator*

5. Fungsi tanki hidrolik:

- Sebagai tempat atau tandon cairan hidrolik.
- Tempat pemisahan air, udara dan partikel-partikel padat yang hanyut dalam cairan hidrolik.
- Menghilangkan panas dengan menyebarkan panas ke seluruh badan tangki.

Kegiatan Pembelajaran 3 : Sistem Pneumatik

Amati peralatan pneumatik yang ada dibengkel sekolah, kemudian diskusikan nama alat, fungsi dan cara kerjanya.

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan modul ini, siswa akan dapat:

- Mengidentifikasi penggunaan umum dari sistem pneumatik.
- Mengidentifikasi bagian utama dari sistem pneumatik.
- Mengidentifikasi komponen utama dari stasiun kerja pneumatik TP 101.
- Memahami bagaimana untuk membangun sebuah sirkuit pneumatik
- Jelaskan aliran struktur dan sinyal dari sistem pneumatik.
- Daftar bagian utama dalam tahap persiapan udara terkompresi.
- Mengidentifikasi simbol kompresor udara dan fungsinya.
- Mengidentifikasi simbol tangki udara dan fungsinya.
- Jelaskan tujuan menggunakan pendinginan dan pengeringan Unit
- Mengidentifikasi bagian utama dari unit layanan udara.
- Mengidentifikasi simbol filter udara dan fungsinya.
- Mengidentifikasi simbol tekanan udara regulator dan fungsinya.
- Mengidentifikasi simbol pelumas dan fungsinya.
- Mengidentifikasi beberapa aksesoris pneumatik penting

2. Uraian Materi

Pengenalan apa arti pneumatik

Pneumatik berasal dari kata Yunani "*pneuma*", yang berarti 'napas atau angin'. Hal ini pada dasarnya adalah penggunaan tekanan gas yang membantu dalam melakukan pekerjaan tertentu dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.

Definisi pneumatik

Salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena udara yang dimampatkan sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada aktuator (penggunaan kompresi udara sebagai media untuk melakukan pekerjaan).

Apa yang dimaksud kekuatan cairan

Cairan bisa berfungsi sebagai penerus tenaga (*transmitting power*), melipat gandakan tenaga (*multiplying force*) juga bisa berfungsi untuk merubah gerakan (*modifying motion*). Hidrolik (minyak atau air) menggunakan cairan di bawah tekanan, sementara pneumatik menggunakan udara bertekanan atau gas netral lainnya. Teknologi pneumatik telah digunakan dalam menjalankan tugas-tugas mekanik sederhana, tetapi saat ini telah memainkan peran penting dalam otomatisasi dan pengembangan teknologi canggih.

Aplikasi pneumatik**Aplikasi industri**

Sistem pneumatik digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti:

- Penanganan Material
- Clamping
- Pergeseran
- Positioning
- Percabangan aliran material
- Kemasan
- Mengisi
- Transfer bahan
- Sorting bagian
- Stamping dan embossing komponen

Proses industri

Industri sistem pneumatik digunakan dalam melaksanakan mesin dan beberapa industri proses seperti:

- Drilling
- Menghidupkan
- Milling
- Penggergajian
- Finishing
- Membentuk

Beberapa aplikasi pneumatik dalam hidup kita Sebuah mesin Pneumatic digunakan untuk membongkar ban.



Sebuah mesin pneumatik digunakan dalam pengecatan mobil.



Sebuah Alat berat pneumatik bor.



Sebuah mesin mengisi pneumatik.



Sebuah bor gigi adalah salah satu penggunaan dari teknologi pneumatik



Sebuah perangkat pneumatik digunakan
Mengisi ban dengan udara terkompresi
Untuk menyesuaikan tekanan ban.



Keuntungan dan kerugian dari pneumatik

Keuntungan

- Ketersediaan: Udara tersedia di mana-mana dalam jumlah tak terbatas.
- Transportasi: Udara dapat dengan mudah diangkut dalam pipa.
- Dapat disimpan: Udara bertekanan dapat disimpan dalam reservoir/tangki dan dihapus seperti yang dipersyaratkan.
- Suhu: Udara bertekanan relatif tidak sensitif terhadap suhu fluktuasi.
- Bersih : Tidak meninggalkan ampas.
- Biaya : Relatif murah.
- Kecepatan: Udara bertekanan merupakan media yang bekerja sangat cepat. Hal ini memungkinkan kecepatan kerja yang tinggi akan tercapai (mudah pengontrolan).
- Tahan beban lebih: alat pneumatik dan pengoperasian komponen dapat dimuat ke beban maksimal.

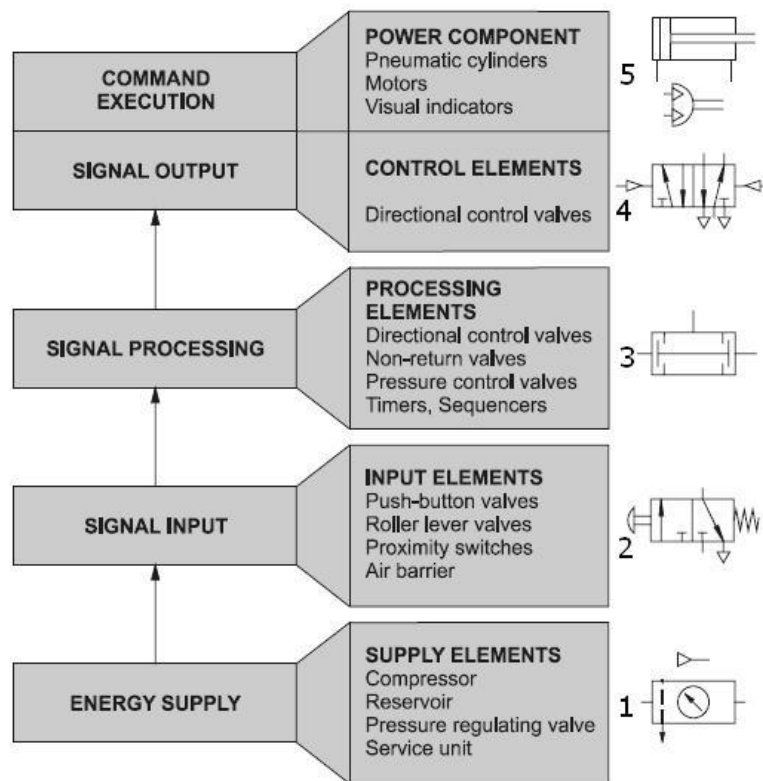
Kekurangan

- Persiapan: Pemampatan udara membutuhkan persiapan yang baik. Kotoran dan kondensat harus dihapus.
- Kecepatan: Seperti udara dimampatkan; sulit untuk mencapai seragam dan kecepatan piston konstan.
- Angkatan persyaratan: Compressed udara ekonomis hanya sampai tertentu persyaratan kekuatan. Di bawah tekanan kerja normal 600 sampai 700 kPa (6 sampai 7 bar).
- Tingkat Kebisingan: The pembuangan udara keras (noise). Masalah ini kini, namun sebagian besar telah diselesaikan karena perkembangan suara serap dan peredam suara.

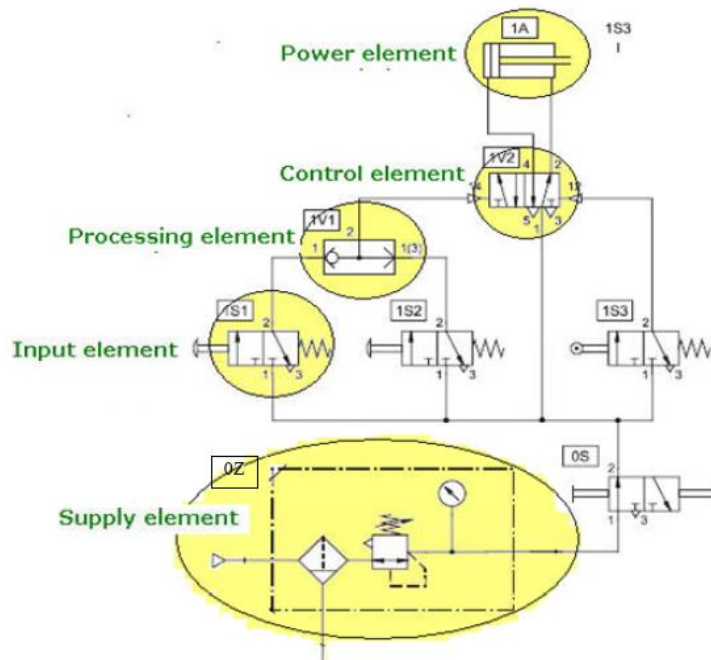
Struktur dan aliran sinyal dari sistem pneumatik

Sistem pneumatik terdiri dari interkoneksi berbagai kelompok elemen. Kelompok ini elemen membentuk jalur kontrol untuk aliran sinyal, mulai dari bagian sinyal (*input*) melalui bagian penggerak (keluaran). Elemen kontrol mengontrol elemen penggerak sesuai dengan sinyal yang diterima dari elemen pengolahan.

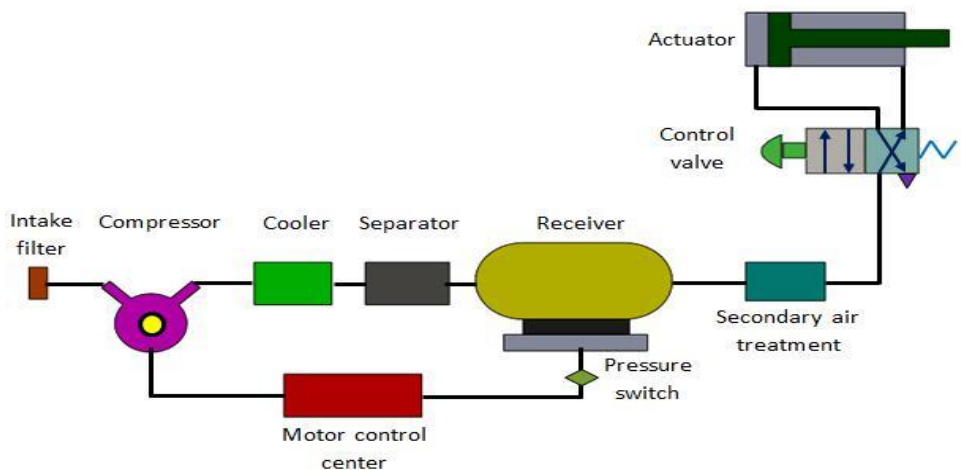
Tingkatan dari sistem pneumatik



Gambar 33. Aliran sinyal pneumatik dan elemen kontrol coresponding



Gambar 34. Contoh pneumatik elemen kontrol



Gambar 35. Komponen sistem pneumatik

Komponen penting dari sistem pneumatik ditunjukkan pada Gambar 35.

- Filter Air: ini digunakan untuk menyaring kontaminan dari udara.
- Kompresor: *compressed* udara yang dihasilkan dengan menggunakan kompresor udara. Kompresor udara yang baik solar atau dioperasikan secara elektrik.

Berdasarkan kebutuhan udara terkompresi, kompresor kapasitas yang sesuai dapat digunakan.

- c) Pendingin Air: selama operasi kompresi, suhu udara meningkat. Oleh karena itu pendingin digunakan untuk mengurangi suhu udara terkompresi.
- d) Pengering: uap air atau uap air di udara dipisahkan dari udara dengan menggunakan pengering.
- e) Kontrol Katup: kontrol katup yang digunakan untuk mengatur, mengontrol dan memantau untuk kontrol aliran arah, tekanan dll.
- f) *Air Actuator*: silinder Air dan motor yang digunakan untuk mendapatkan gerakan yang diperlukan elemen mekanik dari sistem pneumatik.

Filter Udara

Fungsi utama dari pengeringan udara dan distribusi adalah untuk memberikan sistem dengan udara terkompresi yang kering, bersih, dan pada tekanan yang dibutuhkan. Pasokan udara terkompresi untuk sistem pneumatik harus memadai dihitung dan tersedia dalam kualitas yang sesuai. Udara dikompresi oleh kompresor udara dan didistribusikan ke sistem. Untuk memastikan bahwa kualitas udara dapat diterima, unit pelayanan udara digunakan untuk mempersiapkan udara sebelum dipasok ke kontrol sistem. Malfungsi dapat dikurangi dalam sistem jika udara terkompresi disiapkan dengan benar.

Poin-poin berikut harus dipertimbangkan dalam mempersiapkan udara terkompresi:

- Jumlah udara yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan dari sistem.
- Jenis kompresor yang akan digunakan untuk menghasilkan kuantitas yang dibutuhkan.
- Persyaratan tekanan.
- Persyaratan penyimpanan.
- Persyaratan untuk kebersihan udara.
- Tingkat kelembaban diterima untuk mengurangi korosi dan operasi lengket.
- Persyaratan pelumasan, jika perlu.
- Suhu udara dan efek pada sistem.
- Ukuran baris dan ukuran katup untuk memenuhi permintaan seleksi.
- Material untuk memenuhi persyaratan lingkungan dan sistem.

- Poin *drainase* dan outlet knalpot dalam sistem distribusi.
- Layout sistem distribusi untuk memenuhi permintaan.

Bagian utama dalam persiapan udara terkompresi

a. Kompresor

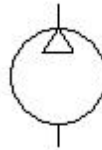
Kompresor udara yang digunakan untuk menghasilkan kompresi udara untuk sistem diperlukan volume dan tekanan. Sebagai aturan, komponen pneumatik yang dirancang untuk operasi maksimum tekanan 800-1000 kPa (8 - 10 bar) namun dalam prakteknya dianjurkan untuk beroperasi pada antara 500-600 kPa (5 dan 6 bar) untuk digunakan ekonomi dan keamanan. Karena kerugian tekanan di sistem distribusi, kompresor dapat bekerja antara 650-700 kPa (6,5 dan 7) bar. Gambar 1.3.a dan 1.3.b angka adalah contoh dari kompresor udara sementara Angka 1.3.c menunjukkan simbol ISO dari kompresor udara.



(a) kompresor



(b) kompresor



(c) simbol ISO dari kompresor udara

Gambar 36 : (a) dan (b) adalah contoh beberapa kompresor udara praktis.

(c) simbol ISO dari kompresor udara.

Kompresor adalah perangkat mekanik yang mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Kompresor meningkatkan tekanan udara dengan mengurangi volume dan juga meningkatkan suhu udara terkompresi. Kompresor dipilih berdasarkan tekanan yang

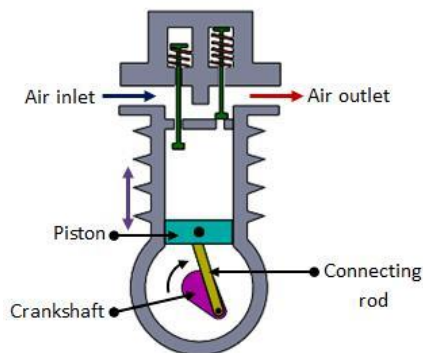
dibutuhkan untuk beroperasi dan volume pengiriman. Kompresor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yakni sebagai berikut :

- a. Kompresor perpindahan positif
- b. Kompresor perpindahan dinamis

Kompresor kerja tunggal (*Single Acting Cylinder*)

kompresor perpindahan positif termasuk jenis piston, jenis baling-baling, jenis diafragma dan jenis sekrup.

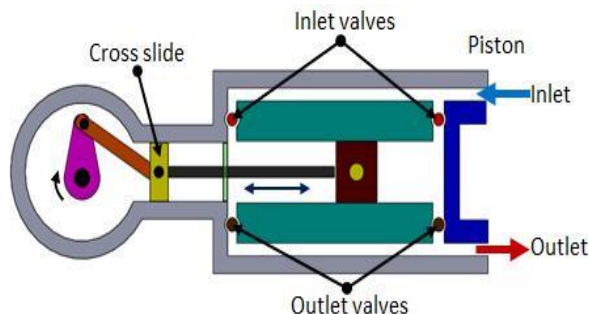
Piston kompresor



Gambar 37. Silinder kerja tunggal

Piston kompresor yang biasa digunakan dalam sistem pneumatik. Bentuk paling sederhana adalah kompresor silinder kerja tunggal (Gbr. 37). Ini menghasilkan satu pulsa dari udara per seher stroke. Saat piston bergerak ke bawah selama stroke inlet valve inlet terbuka dan udara ditarik ke dalam silinder. Saat piston bergerak naik katup inlet menutup dan katup buang membuka yang memungkinkan udara untuk keluar.

Kompresor kerja ganda (*double acting cylinder*)



Gambar 38. Silinder Kerja Ganda

b. Tangki Udara

Reservoir udara harus dipasang untuk penyimpanan dan menstabilkan udara terkompresi, kompensasi tekanan fluktuasi, keran udara.



(a) Tangki Udara

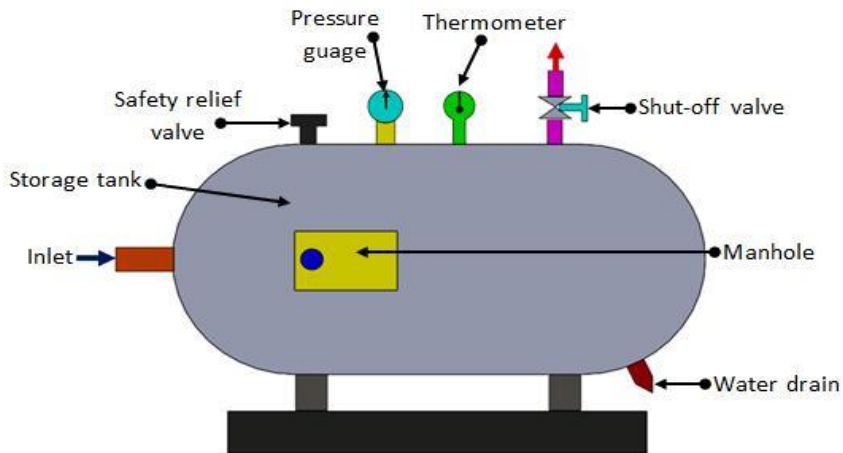


(b) simbol ISO reservoir udara

Gambar 39. (a) menunjukkan tangki udara nyata sedangkan angka 1,4 (b) menunjukkan ISO simbol reservoir udara

Udara dikompresi perlahan dikompresor. Tapi karena sistem pneumatik membutuhkan kelangsungan penyediaan udara, udara terkompresi ini disimpan. Udara terkompresi disimpan dalam penerima udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 39. Tangki udara harus cukup besar untuk menampung semua udara yang disampaikan oleh kompresor. Tekanan di penerima lebih tinggi dari tekanan sistem operasi untuk mengkompensasi kehilangan tekanan di pipa. Juga area permukaan yang besar dari tangki membantu dalam menghamburkan panas dari udara terkompresi. Umumnya ukuran penerima tergantung pada,

- Volume Pengiriman dari kompresor.
- Konsumsi udara.
- Jaringan Pipeline
- Jenis dan sifat regulasi *on-off*
- Perbedaan tekanan yang diijinkan dalam pipa
- Volume pengiriman kompresor.
- Konsumsi udara.
- Jaringan Pipeline
- Jenis dan sifat regulasi *on-off*
- Perbedaan tekanan yang diijinkan dalam pipa



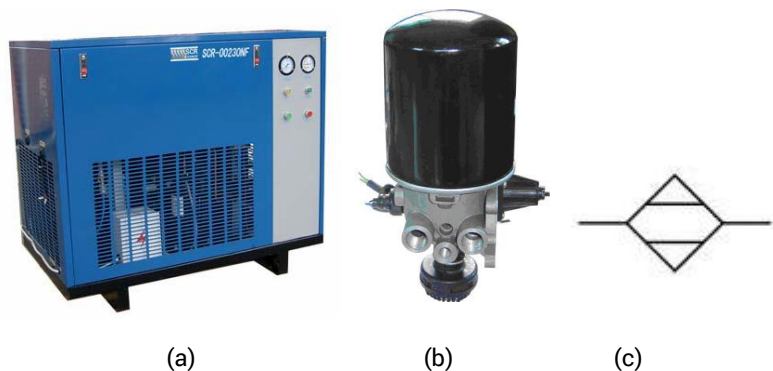
Gambar 40. Tangki Udara /Penerima Udara

c. Pendingin dan unit pengeringan

Seperti udara keluar dari kompresor sangat panas dan lembab; Pendinginan dan pengeringan unit digunakan untuk:

- Kondensat uap air (kelembaban) dari udara terkompresi.
- Mengurangi suhu udara terkompresi.

Akumulasi kondensat tergantung pada kelembaban udara relatif. Kelembaban udara relatif tergantung di itu udara suhu dan cuaca situasi. Untuk menghapus kelembaban, kami menggunakan berbagai jenis pengering udara, satu yang sangat umum dan praktis adalah dengan menggunakan unit pendingin yang mendinginkan udara dan pada saat yang sama menghapus uap air.



Gambar 41. (a) dan (b) menunjukkan beberapa contoh pengering udara nyata, sementara angka 1.5. (c) merupakan simbol ISO udara pengering

d. Pipa saluran

Beberapa hal harus diperhatikan dalam pemilihan diameter pipa dari sistem distribusi udara seperti halnya bahan yang digunakan, tahanan sirkulasi, susunan pipa dan pemeliharaan.

Pemilihan Diameter Pipa

Pemilihan diameter pipa, bergantung pada :

1. Tingkat Arus Panjang
2. Jalur
3. kehilangan tekanan yang diijinkan Tekanan
4. Operasi
5. Jumlah titik kontrol aliran di baris

Aksesoris pneumatik

Komponen pendukung pneumatik, meliputi :

- a. Manifold (distributor)
- b. Menutup-off katup
- c. Tabung dan alat kelengkapan
- d. Pengukur tekanan

3. Rangkuman

- Pneumatik pada dasarnya adalah penggunaan tekanan gas yang membantu dalam melakukan pekerjaan tertentu dalam ilmu pengetahuan dan teknologi.
- Definisi pneumatik adalah udara yang dimampatkan sehingga tekanan yang terjadi akan menghasilkan gaya sebagai penyebab gerak atau aktuasi pada aktuator (penggunaan kompresi udara sebagai media untuk melakukan pekerjaan).
- Cairan bisa berfungsi sebagai penerus tenaga (*transmitting power*), melipat gandakan tenaga (*multiplying force*) juga bisa berfungsi untuk merubah gerakan (*modifying motion*).
- Hidrolik (minyak atau air) menggunakan cairan di bawah tekanan sementara pneumatik menggunakan udara bertekanan atau gas netral lainnya.
- Keuntungan pneumatik meliputi Ketersediaan, Transportasi, Storage, Suhu, Unlubricated, Biaya murah, Kecepatan, Overload aman.

- Kekurangan pneumatik meliputi Persiapan, Kecepatan, persyaratan beban, Tingkat kebisingan.
- Sistem pneumatik terdiri dari interkoneksi berbagai kelompok elemen. Kelompok ini elemen membentuk jalur kontrol untuk aliran sinyal, mulai dari bagian sinyal (*input*) melalui bagian penggerak (keluaran). Elemen kontrol mengontrol elemen penggerak sesuai dengan sinyal yang diterima dari elemen pengolahan.
- Fungsi utama dari generasi (pemampatan) udara dan distribusi adalah untuk memberikan sistem dengan udara terkompresi, tekanan yang dibutuhkan dalam kualitas yang sesuai.

4. Tugas

Tugas 1

Bentuklah kelompok beranggotakan 5 orang dan buatlah makalah mengenai dasar pneumatik dari berbagai sumber (buku, internet) kemudian diskusikan makalah tersebut !

Tugas 2

Jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Apakah arti pneumatik dalam dunia industri ?
2. Berapa tekanan ekonomis yang digunakan di dunia industri ?
3. Mengapa pada industri pangan, perkayuan, tekstil dan pengepakan banyak menggunakan peralatan dan mesin dengan tenaga udara bertekanan ?
5. Udara yang ditiup keluar menimbulkan kebisingan (desisan), terlebih
6. dalam ruangan kerja dan sangat mengganggu. Bagaimana mengatasinya ?

5. Tes Formatif 1

1. Cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sifat, gerakan dan tingkah laku udara adalah
a. Hidrolik b. pneumatik c. Elektrik d. mekanik
2. Pneumatik banyak digunakan dalam industri, bekerja dengan menggunakan media
a. minyak b. udara bertekanan c. udara dan minyak d. listrik

3. Satuan tekanan udara adalah
 - a. Amper
 - b. Volt
 - c. derajat C
 - d. bar
4. Tekanan dari garis nol tekanan absolut sampai garis tekanan atmosfer disebut!
 - a. tekanan 1 bar
 - b. tekanan relative
 - c. tekanan ukur
 - d. tekanan vakum
5. Udara dalam tabung dimampatkan maka
 - a. volumenya menjadi kecil dan tekanannya naik
 - b. volumenya menjadi besar dan tekanannya turun
 - c. volumenya menjadi kecil dan tekanannya turun
 - d. volumenya menjadi besar dan tekanannya naik
6. Komponen pneumatik yang diperlukan untuk memampatkan udara adalah
 - a. kompresor udara
 - b. motor listrik
 - c. pengatur tekanan udara
 - d. silinder udara
7. Agar sistem pneumatik bekerja dengan baik, diperlukan
 - a. udara bersih dan kering
 - b. udara bersih dan lembab
 - c. udara kering dan berminyak
 - d. udara lembab dan berminyak
8. Unit pemeliharaan udara (*air service unit*) terdiri dari
 - a. penyaring udara, pengatur tekanan udara dan kompresor
 - b. penyaring udara, pengatur tekanan udara dan pelumas
 - c. pengatur tekanan udara, pelumas dan kompresor
 - d. Penyaring udara, pelumas dan katup "*shut-off*"
9. Fungsi tangki udara seperti berikut ini kecuali
 - a. Untuk mendapatkan tekanan konstan pada sistem pneumatik, dengan tidak mengindahkan beban yang berfluktuasi.
 - b. Untuk memisahkan minyak dan air dari kompresor.
 - c. Penyimpan / tandon udara sebagai "*emergency supply*" bila sewaktu waktu ada kegagalan kompresor, beban pemakaian yang tiba-tiba.
 - d. Besar tangki tidak dapat unuk mendinginkan udara.
10. Kondensasi yang terjadi pada tangki udara tidak boleh masuk ke dalam sistem pneumatik karena
 - a. memperlambat kerja silinder

- b. mengganggu fungsi kontak katup
- c. mengganggu kerja kompresor
- d. membuat bising pneumatik

Tes Formatif 2

- a. Sebutkan kelebihan dan kekurangan sistem pneumatik dibandingkan dengan sistem yang lain?
- b. Gambarkan secara singkat cara kerja sistem pneumatik beserta dengan komponen-komponen yang digunakan?
- c. Sebutkan jenis-jenis katup beserta kegunaanya?

6. Kunci Jawaban

Test 1

- 1. B
- 2. B
- 3. D
- 4. D
- 5. A
- 6. A
- 7. A
- 8. B
- 9. D
- 10. C

Test 2

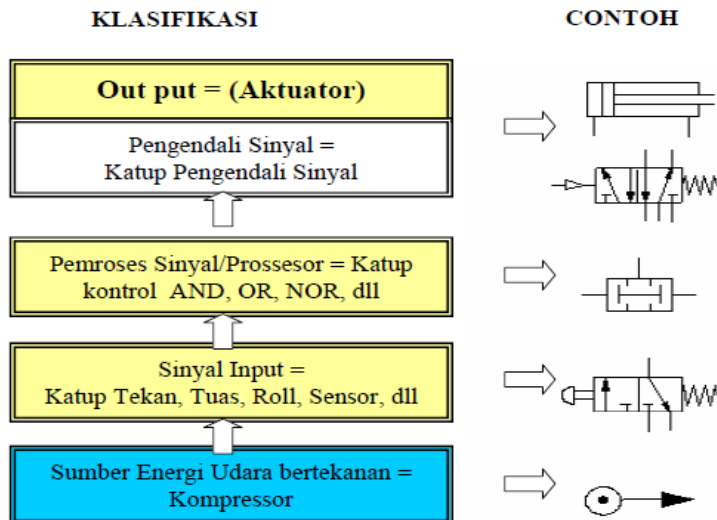
- a. Sistem pneumatik memiliki keuntungan dan kelemahan sebagai berikut :
 - 1) Keuntungan/kelebihan
 - a) Ketersediaan yang tak terbatas, udara tersedia di alam sekitar kita dalam jumlah yang tanpa batas sepanjang waktu dan tempat.
 - b) Mudah disalurkan, udara mudah disalurkan/pindahkan dari satu tempat ke tempat lain melalui pipa yang kecil, panjang dan berkeluk.

- c) Fleksibilitas Temperatur, udara dapat fleksibel digunakan pada berbagai temperatur yang diperlukan, melalui peralatan yang dirancang untuk keadaan tertentu, bahkan dalam kondisi yang agak ekstrem udara masih dapat bekerja.
- d) Aman, udara dapat dibebani lebih dengan aman selain itu tidak mudah terbakar, hubungan singkat (korsleting) atau meledak sehingga proteksi terhadap kedua hal ini cukup mudah, berbeda dengan sistem elektrik yang dapat menimbulkan korsleting hingga kebakaran.
- e) Bersih, udara yang ada di sekitar kita cenderung bersih tanpa zat kimia yang berbahaya, dengan jumlah kandungan pelumas yang dapat diminimalkan sistem pneumatik aman digunakan untuk industri obat-obatan, makanan, dan minuman maupun tekstil.
- f) Pemindahan daya dan Kecepatan sangat mudah diatur., udara dapat melaju dengan kecepatan yang dapat diatur dari rendah hingga tinggi atau sebaliknya. Bila Aktuator menggunakan silinder pneumatik, maka kecepatan torak dapat mencapai 3 m/s. Bagi motor pneumatik putarannya dapat mencapai 30.000 rpm, sedangkan sistem motor turbin dapat mencapai 450.000 rpm.
- g) Dapat disimpan, udara dapat disimpan melalui tabung yang diberi pengaman terhadap kelebihan tekanan udara. Selain itu dapat dipasang pembatas tekanan atau pengaman sehingga sistem menjadi aman.
- h) Mudah dimanfaatkan, udara mudah dimanfaatkan baik secara langsung misal untuk membersihkan permukaan logam dan mesin-mesin, maupun tidak langsung, yaitu melalui peralatan pneumatik untuk menghasilkan gerakan tertentu.

2) Kerugian/Kelemahan Pneumatik

- a) Memerlukan instalasi peralatan penghasil udara. Udara kempa harus dipersiapkan secara baik hingga memenuhi syarat. Memenuhi kriteria tertentu, misalnya kering, bersih, serta mengandung pelumas yang diperlukan untuk peralatan pneumatik, sehingga memerlukan instalasi peralatan yang relatif mahal, seperti kompressor, penyaring udara, tabung pelumas, pengeering, regulator, dll.

- b) Mudah terjadi kebocoran, Salah satu sifat udara bertekanan adalah ingin selalu menempati ruang yang kosong. Selain itu tekanan udara susah dipertahankan pada waktu bekerja. Oleh karena itu diperlukan *seal*/ agar udara tidak bocor. Kebocoran *seal*/ dapat menimbulkan kerugian energi. Peralatan pneumatik harus dilengkapi dengan peralatan kedap udara agar kebocoran pada sistem udara bertekanan dapat ditekan seminimal mungkin.
- c) Menimbulkan suara bising, Pneumatik menggunakan sistem terbuka, artinya udara yang telah digunakan akan dibuang ke luar sistem, udara yang keluar cukup keras sehingga berisik sehingga akan menimbulkan suara bising terutama pada saluran buang. Cara mengatasinya adalah dengan memasang peredam suara pada setiap saluran buangnya.
- d) Mudah Mengembun, udara yang bertekanan mudah mengembun, sehingga sebelum memasuki sistem harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan tertentu, misal kering, memiliki tekanan yang cukup, dan mengandung sedikit pelumas agar mengurangi gesekan pada katup-katup dan aktuator.
- b. Secara garis besar sistem elemen pada pneumatik dapat digambarkan pada skema berikut :



c. Jenis-jenis katup pneumatik sebagai berikut :

1) Katup sinyal

Katup yang berfungsi sebagai saklar udara bertekanan dari kompresor ke katup pemroses sinyal atau langsung ke katup kendali. Katup sinyal dipasang antara kompresor dengan katup pemroses sinyal. Contoh katup sinyal adalah katup 3/2 baik penggerak roll, tuas, tekan dan lain-lain.

2) Katup pemroses sinyal

Katup pemroses sinyal berfungsi mengatur udara bertekanan dari katup sinyal ke katup kendali. Katup pemroses sinyal biasanya dipasang antara katup sinyal dengan katup kendali, tetapi ada yang dipasang antara katup kendali dengan aktuator. Contoh katup pemroses sinyal adalah katup cekik satu arah, katup cekik dua arah, *time delay* dan lain-lain.

3) Katup kendali

Katup kendali berfungsi mengalirkan udara bertekanan dari katup pemroses sinyal ke aktuator. Katup kendali juga yang mengendalikan/mengatur aktuator (silinder) akan bergerak maju atau mundur. Katup kendali dipasang antara katup pemroses sinyal dengan aktuator. Contoh katup kendali adalah katup 5/2 baik yang solenoid (elektrik) maupun yang *full* pneumatik.

DAFTAR PUSTAKA

Andrew A. Parr, Hydraulics and Pneumatics, Elsevier Science & Technology Books, 1999.

John R. Groot, Introduction to Pneumatics and Pneumatic Circuit Problems for FPEF Trainer, Milwaukee, WI 53222.

P. Croser, Pneumatics, Basic Level Textbook, Esslingen ,Festo Didactic, 1989.

P. Croser, F. Ebel , Pneumatics Basic Level, Festo-Didactic Esslingen, 2002.

Sularso, Haruo Tahara, Pompa dan Kompresor, Jakarta, PT Pradnya Paramita, 1991

Wirawan, Pramono, Pneumatik-Hidrolik, Semarang, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang